© GETTY IMAGES - DJIM

SCIENCES ET AVENIR
Sciencesetavenir.fr

LES INCROYABLES SOURCES D'HYDROGÈNE NATUREL p. 10

Stimulants du cerveau

MÉDICAMENTS, CAFÉINE, BOISSONS ÉNERGISANTES, SPORT...

LE GUIDE p. 32

avec Europe 1

MAI 2013 - N° 795 - 4 €

VOITURE ÉLECTRIQUE FRANÇAISE

RENAULT ZOE. 100 % ÉLECTRIQUE.
SIMPLEMENT RÉVOLUTIONNAIRE.

*Prix pour une ZOE Life, 7 000 € de bonus écologique déduits, hors location de batterie, par rapport au prix conseillé de 20 700 € selon tarif n° 2193 au 09/04/2013. Location de batterie : 79 €/mois (exemple pour 36 mois et 12 500 km par an), proposée par Diac Location SA, au capital de 29 240 988 €, siège social : 14 avenue du Pavé-Neuf 93168 Noisy-le-Grand Cedex. SIREN 329 892 368 RCS Bobigny. **Modèle présenté : ZOE Zen avec option à 15 850 € (bonus écologique déduit, hors location de batterie).**

CHANGEONS DE VIE
CHANGEONS L'AUTOMOBILE

RENAULT

Découvrez la nouvelle tablette

Samsung GALAXY Note 8.0

Prête à emporter !

UN MODE DE LECTURE ADAPTÉ

Le Samsung Galaxy Note 8.0 est la tablette idéale pour les amoureux des mots.

Grâce à l'application « Readers Hub », il est désormais possible de prendre des notes ou surligner un texte à l'aide du S Pen pendant votre lecture. Avec le Samsung Galaxy Note 8.0, redécouvrez le plaisir de lire et profitez d'un confort de lecture optimal grâce à son « Mode Lecture » et son format 8 pouces.

SAMSUNG

www.samsung.com/fr/galaxynote8

DAS = 0,235W/Kg (Version Wi-Fi). Le DAS (débit d'absorption spécifique) quantifie le niveau d'exposition maximal de l'utilisateur aux ondes électromagnétiques, pour une utilisation standard. La réglementation française impose que le DAS ne dépasse pas 2 W/kg. © 2013 - Samsung Electronics France. 270 avenue du Président Wilson. 93458 La Plaine Saint Denis Cedex. RCS Bobigny 334 367 497. SAS au capital de 27 000 000 €. Visuels non contractuels. CNEIL worldwide

ÉDITO

Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

Les aiguillons de l'âme

Avec le printemps, outre les hirondelles, c'est le retour des examens. Et de l'obligation de performance. D'où la ruée, mal mesurée — mais détectée aux urgences des hôpitaux, comme l'indique notre dossier de ce mois-ci *(lire p. 32)*, sur toutes sortes de pilules, gélules et autres médications. Ce qu'en jargon digne de Molière, avec force grec et latin, on baptise psychostimulants — peu ou prou aiguillons de l'âme. Si Cicéron rappelait la tendance bien humaine à *« animum gloriae stimulis concitare »* (*« exciter l'âme avec l'aiguillon de la gloire »*), le stimulus actuel a opté pour la chimie avec son cortège de molécules type modafinil, méthylphénidate ou alpha-méthyl-phényléthanamine plus connue sous le nom d'amphétamine ! Objectif : réussite. Si la pilule de l'intelligence n'existe pas, ce dont personne ne doute, en revanche beaucoup jouent à « faire comme si ». À défaut de devenir génial, pourquoi ne pas s'appliquer à être plus attentif, plus concentré, plus vigilant ? Bref, s'adonner à un dopage cérébral de bon aloi. C'est là que tout se complique. L'arsenal des molécules mises aujourd'hui à disposition du public est large (dont des médicaments détournés de leur usage), Internet, pharmacies ou parapharmacies bien approvisionnées, quant à certains médecins, ils sont moyennement regardants sur leurs prescriptions *(p. 34)*. Que se passe-t-il alors si un « sujet sain » consomme ces produits censés aiguillonner le cerveau ? La question, quelque peu taboue, méritait d'être examinée avec soin. En d'autres termes, *Sciences et Avenir* s'est efforcé de retrouver les études sérieuses et approfondies, voire les méta-études apportant la preuve de l'efficacité (ou de la non-efficacité) des molécules les plus consommées, ainsi que de leurs dangers potentiels. Disons-le sans sombrer dans la psychose, la seule liste des effets indésirables les plus souvent cités — anxiété, insomnies, troubles de l'humeur *(p. 36)*, suffirait à nous ramener vers la seule machine à café (avec modération, s'entend). Ou à s'adonner à une bénéfique *(p. 37)* petite séance d'aérobic. Reste que consommation il y a. Et qu'il fallait, de façon plus précise, donner les éléments qui aujourd'hui, permettent de dire si la vigilance est effectivement affermie, la capacité de réflexion améliorée, la mémoire augmentée, la fatigue envolée. Avec prudence, en citant les études sources, nous nous sommes efforcés de vous guider, vous lecteurs en bonne santé qui seriez peut-être consommateurs ou parents de consommateurs... Sans oublier quelques principes importants, dont le risque de dépendance *(p. 40)*. L'exercice n'est pas forcément aisé. Parce que les études ne sont pas légion, parce qu'il faut les examiner avec soin mais aussi parce qu'on ne saurait réduire l'analyse à la seule technique. C'est aussi une question de société. D'où les points de vue contrastés que deux spécialistes, l'un psychiatre, l'autre neuroscientifique, nous ont livrés. Avec ce constat : il y a peu d'informations et de débats sur le sujet. D'où l'envie de *Sciences et Avenir* de jouer son rôle d'aiguillon. Par Cicéron, rien de plus stimulant !

SCIENCES ET AVENIR

33, rue Vivienne 75083 Paris Cedex 02
Tél. : - 01.55.35.56.00. Fax : - 01.55.35.56.04
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Rédactrices en chef adjointes
Andreina DE BEI
(photo-iconographie) - 01.55.35.56.31
Pascale PAOLINI (édition) - 01.55.35.56.10

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL
(directeur artistique) - 01.55.35.56.22
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités, rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT
(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter
(archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Marc GOZLAN - 01.55.35.56.60
Olivier HERTEL (technologie, futur, décryptage) - 01.55.35.56.03
Cécile MICHAUT
(chimie, nouveaux matériaux) - 01.55.35.56.27
Sylvie ROUAT
(espace, astronomie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grand reporter
(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs
Guillaume CANNAT, Loïc CHAUVEAU, Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL, Henri-Pierre PENEL

Ont participé à ce numéro
Laurent BRASIER, Maryse CHABALIER, Lionel HUOT, Hugo JANINIÈRE, Pierre KALDY

Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON (1re secrétaire) - 01.55.35.56.17

Maquette
Horia BAHRI 01.55.35.56.19
Jean-Louis GILABERT 01.55.35.56.28

Photo-iconographie
Isabelle TIRANT 01.55.35.56.32

Illustration
Sylvie DAOUDAL 01.55.35.56.20
Betty LAFON 01.55.35.56.37

Photogravure
Karine HUET 01.55.35.56.25

Pôle digital
Damien HYPOLITE
(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23
Joël IGNASSE
(rédacteur spécialisé) - 01.55.35.56.56
Erwan LECOMTE
(rédacteur spécialisé) - 01.5535.56.56

Documentation
Isabelle DO O'GOMES
(chef de service) - 01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE 01.55.35.56.48

RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS, VENTE AU NUMÉRO
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

Informatique
Daniel DE LA REBERDIERE - 01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14
Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

ABONNEMENTS
Tél. : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr

Tarif des abonnements :
France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.
Vente au numéro, 33, rue Vivienne, 75002 Paris. Tél. : 01.55.35.56.00. Fax : 01.55.35.56.04. Les abonnements et réabonnements doivent être adressés à Sciences et Avenir, Service abonnements, 142, rue Montmartre, 75002 Paris. Tél. : 01.40.26.86.11.
Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40
www.viapresse.be

PUBLICITÉ
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : - 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com

Directrice générale
Corinne ROUGÉ - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70
Directeur de publicité adjoint : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75
Directrice de clientèle : Karine GROSSMAN - 01.44.88.89.08
Responsable Web : Amélie LE TALLEC - 01.44.88.89.02
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.89.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88. 97.58

VENTES
Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL - 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Paule COUDERAT - 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOURIEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT - 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures
France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication :
Claude PERDRIEL
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél : - 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

OJD PRESSE PAYANTE Diffusion Certifiée 2011

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un catalogue Objet du Mois jeté sur couverture en diffusion partielle des abonnés. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. / Distribué par NMPP. Photogravure : PCH, 10 -12, place de la Bourse 75002.

FUEL FRANCE

IMAGINÉE POUR VOUS ÉVADER.

Avec une consommation raisonnée de 3,8 L/100 km, des rejets de CO_2 limités de 99 g/km, sa garde au sol surélevée et ses équipements de série comme l'airbag piéton en première mondiale et son système anti-collision City Safety, la Volvo V40 Cross Country va vous donner envie d'ailleurs.

À partir de 299 €/mois(1) Entretien, Garantie et Assistance inclus pendant 4 ans(2)
(LLD 48 mois valable du 30/03/2013 au 31/07/2013)

NOUVELLE VOLVO V40 CROSS COUNTRY.

REJOIGNEZ VOLVO AUTOMOBILES FRANCE SUR FACEBOOK

VOLVOCARS.COM/FR

(1) Exemple de **Location Longue Durée sur 48 mois et 60 000 km** pour une **Volvo V40 Cross Country D2 Kinetic avec peinture métallisée. Un premier loyer de 5 400 €** suivi de 47 loyers mensuels de 299 € TTC (hors assurances facultatives et prestations). Offre réservée aux particuliers, valable du **30/03/2013 au 31/07/2013** à partir du prix catalogue du 15 avril 2013 sous réserve d'acceptation du dossier par Volvo Automobiles Finance, département de CGL, Compagnie Générale de Location d'Equipements, SA au capital de 58 606 156 € - 69, avenue de Flandre 59708 Marcq-en-Barœul Cedex - SIREN 303 236 186 - RCS Roubaix-Tourcoing. (2) Tous véhicules sauf Taxis et VSL. La garantie constructeur est complétée par une extension de garantie dont la couverture est moins étendue que celle de la garantie initiale (exclusion notamment de la carrosserie). Demandez le détail des conditions de la garantie constructeur, de l'extension de garantie, de l'entretien et de l'assistance auprès de votre conseiller service. Volvo Automobiles France, RCS Nanterre n° 479 807 141, Immeuble Nielle, 131-151 rue du 1er mai - 92737 Nanterre Cedex.

Modèle présenté : Volvo V40 Cross Country D3 Kinetic à partir de **340 €**/mois dont **un premier loyer de 6 000 €**, avec options protections de bas de caisse latéraux, feux de jour à LED et jantes alliage Mefitis 18".

Consommation Euromix de la Volvo V40 Cross Country D2 Kinetic : 3,8 L/100 km, CO_2 rejeté : 99 g/km à partir du prix catalogue du 15 avril 2013.

SOMMAIRE

Sciences et Avenir / N° 795 / Mai 2013

BERNARD MARTINEZ

DOSSIER P. 32

Psychostimulants

À la recherche des molécules qui tonifient le cerveau

En partenariat avec Europe 1

Sciences et Avenir a mené l'enquête sur ces produits de plus en plus consommés pour améliorer les performances intellectuelles.

5 Édito par Dominique Leglu

9 Courrier

ÉVÉNEMENT

10 L'hydrogène, eldorado énergétique ?

SCIENCES FONDAMENTALES

16 **ACTUALITÉS** / La première météorite venue de Mercure / Les séismes valent de l'or / On a fait des nœuds dans l'eau

42 Astéroïdes : 3 solutions pour éviter le cataclysme

46 Voyager 1 aux confins du système solaire

48 La vie foisonne sur le plancher océanique

51 Sélection livres

HISTOIRE

16 **ACTUALITÉS** / Des Gaulois exhumés en Champagne/ Sous les cendres, la vie des paysans mayas / Un chien sibérien âgé de 33 000 ans

52 Le Quai-Branly explore la vie intérieure de ses œuvres

56 La mythique pierre de soleil refait surface

58 La tunique qui venait du froid

59 Sélection livres

NATURE

20 **ACTUALITÉS** / L'énigme des cercles de fées enfin élucidée/ Timide progression du recyclage en Europe/ Après la surpêche, une marée de méduses

60 Le grand hamster, sentinelle de la biodiversité

64 Tsunemi Kubodera, le seigneur des abysses

66 Des murs d'algues pour des bâtiments plus verts

67 Sélection livres

SANTÉ

24 **ACTUALITÉS** / Voir dans un cerveau transparent / L'haleine comme outil diagnostique / Le soleil protège de l'hyperactivité

68 Les virus, l'arme oubliée de la médecine

71 Revue de presse

72 Des cellules souches contre la sclérose en plaques

75 Le manuel des maladies mentales sous le feu des critiques

76 Que valent les boissons aromatisées à base de vin ?

78 Un collyre anti-cholestérol pour ralentir la DMLA

79 Sélection livres

HIGH-TECH

28 **ACTUALITÉS** / Des pattes artificielles pour courir sur le sable / La baignoire transformée en tablette / La plus grande centrale solaire du monde

80 L'impression 3D révolutionne l'industrie

84 L'avenir de l'électronique passe par le graphène

86 Les transistors prennent du relief

SCIENCE PRATIQUE

87 À l'épreuve des faits : des matelas à dormir debout

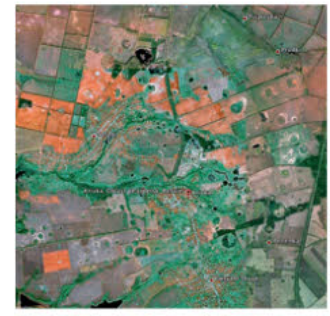
88 Comment identifier une voix sur un enregistrement audio ?

90 Le test du mois : le cloud

94 L'observation du ciel de mai

96 Rendez-vous

98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr



GOOGLE EARTH

L'hydrogène, une source d'énergie naturelle inattendue p. 10

SPL/COSMOS

Un programme européen pour se protéger des astéroïdes p. 42

GUILLAUME BRESSION

Tsunemi Kubodera, biologiste, spécialiste du calmar géant p. 64

Leffe® ROYALE

3 VARIÉTÉS DE HOUBLON POUR UN APÉRITIF «ROYALE»

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION

COcourrier

« Impossible de ne pas réagir à l'article critiquant la magnétothérapie de façon abusivement négative. Vous critiquez insidieusement les études concernant les bienfaits des aimants et n'émettez aucun doute sur celles qui les réfutent »

Jean-Pierre Dablanc, Angers

THOMAS POUR SCIENCES ET AVENIR

Des aimants dépourvus d'attraits
(*Sciences et Avenir* N° 794, avril 2013)

Courriels à : **redaction@sciencesetavenir.fr**

L'origine de l'Univers
(*Sciences et Avenir* n° 794, p. 30)

De la difficulté à déchiffrer

Abonnés depuis longtemps à votre magazine (peut-être trente ans), nous sommes évidemment intéressés et satisfaits de votre revue. La lecture du dernier numéro (L'origine de l'Univers) nous a paru subtilement plus difficile, moins agréable, moins fluide.

Après comparaison avec les anciens numéros, il nous semble que cette impression de compacité vient de la réduction, certes légère mais perceptible, de la taille des caractères. Nous sommes heureux d'avoir identifié l'une des causes de cette diminution du plaisir à lire votre revue.

Pascal et Françoise Boitel,
Les Sables-d'Olonne

Une belle réussite

Je suis lecteur de « Sciences et Avenir » depuis plus de quarante ans. J'ai lu et conservé tous vos numéros depuis 1970 ! Le numéro d'avril est une belle réussite ! Même si mon attention se porte avant tout sur la qualité des contenus, je tiens à souligner que cette nouvelle mise en page renoue avec la sobriété et la clarté. La lecture est nettement plus agréable. La revue était devenue « très, trop colorée », touffue dans sa présentation. Ce qui se conçoit bien s'énonce clairement et sans artifices. Puis-je vous suggérer d'ajouter pour chaque article, des compléments de lecture (URL, références de livres, etc.) ?

Paul Jamet, courriel

CHERS LECTEURS

À certains d'entre vous qui n'ont pas manqué de nous le faire remarquer, à l'occasion des changements apportés à *Sciences et Avenir* depuis notre dernier numéro, la taille de la typographie a semblé parfois trop petite pour une lecture aisée. Nous vous remercions de nous avoir ainsi alerté et notre équipe va immédiatement mettre en œuvre les modifications nécessaires pour résoudre ce problème. Car notre souci, chers lecteurs, demeure votre satisfaction.

Dominique Leglu, directrice de la rédaction

La java martienne

Dans le numéro d'avril 2013, vous répondez à M. Poitevin, qui dénonce l'usage du terme amarsissage et vous dites qu'il *« a été naturellement forgé par la presse à l'arrivée des premiers robots sur Mars »*. C'est en l'occurrence Boris Vian dans sa célèbre chanson : *La Java martienne* (paroles de Boris Vian - Musique d'Alain Goraguer, 1955), dont voici un extrait : *« ...Un jour je monterai peut-être / Chercher le fruit de nos amours / Cet enfant bâti comme un hêtre / Qui naquit au bout de huit jours / En voyant amarsir son père / Le chéri l'aimera beaucoup / Et prendra pour courir lui dire / Ses treize jambes à ses deux cous... »*

Roland Cruzel, Villeurbanne

Astronomes en herbe

Nous sommes un groupe de huit élèves du collège Saint-Exupéry de Perpignan, dans les Pyrénées-Orientales. Dans le cadre d'un concours scientifique, nous avons réalisé des mesures astronomiques grâce à un télescope professionnel piloté à distance *via* le site iTelescope. Nous avons détecté le transit d'une exoplanète.

De plus, en analysant nos images, nous avons eu la joie de découvrir deux étoiles variables inconnues (pulsante et binaire à éclipse).

Voici nos quelques publications sur Internet : http://var2.astro.cz/EN/tresca/transit-detail.php?id=1361448301 (transit de l'exoplanète) ; http://obswww.unige.ch/~behrend/pagedcou.html (Résultats des mesures des étoiles variables).

Des élèves de classe de 3e du collège Saint-Exupéry, Perpignan

S. et A. : Merci de cette proposition très intéressante. Vous avez réalisé là un véritable travail professionnel qui vaut la peine d'être salué, et que nous avons plaisir à faire partager à nos lecteurs. Nous vous souhaitons de belles poursuites de vos recherches.

L'hydrogène naturel, eldorado énergétique ?

La découverte de sources naturelles de ce gaz un peu partout dans le monde pourrait révolutionner la filière énergétique. Propre, renouvelable, peu coûteux, il cumulerait les avantages. La France a annoncé la mise en œuvre d'un programme de recherche.

PAR
Azar Khalatbari

À L'HEURE DU DÉBAT SUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE qui déterminera, par ses choix, la société de demain, se profile une incroyable filière que nul n'avait encore imaginée : celle de l'hydrogène naturel. L'Ifpen (Institut français du pétrole et des énergies renouvelables) vient en effet de rendre publique une découverte potentiellement révolutionnaire : de l'hydrogène s'échappe naturellement et en continu depuis la surface des continents. Il pourrait transformer des pans entiers de l'économie mondiale, d'autant que cette énergie semble cumuler tous les atouts : renouvelable, puisque l'hydrogène se forme en permanence, contrairement aux énergies fossiles comme les hydrocarbures ou les minerais. Décarbonée, car sa combustion ne génère pas de CO_2, ce gaz à effet de serre à l'origine du réchauffement global de la planète. Gratuite à la source, puisqu'elle est disponible comme le vent ou le soleil. Enfin, plus ou moins également répartie à travers tous les continents, à l'inverse des ressources minières ou des hydrocarbures concentrés en quelques points du globe.

Premiers surpris, les géologues n'avaient jamais imaginé qu'une telle source soit un jour détectable. Les scientifiques étaient en effet convaincus que l'hydrogène à l'état moléculaire (soit H_2, le gaz diatomique d'hydrogène que l'on trouve dans l'atmosphère) ne pouvait pas exister tel quel dans le sous-sol mais uniquement sous forme « liée », c'est-à-dire dans le minéral d'une roche ou intégré à une molécule d'eau.

ALAIN PRINZHOFER

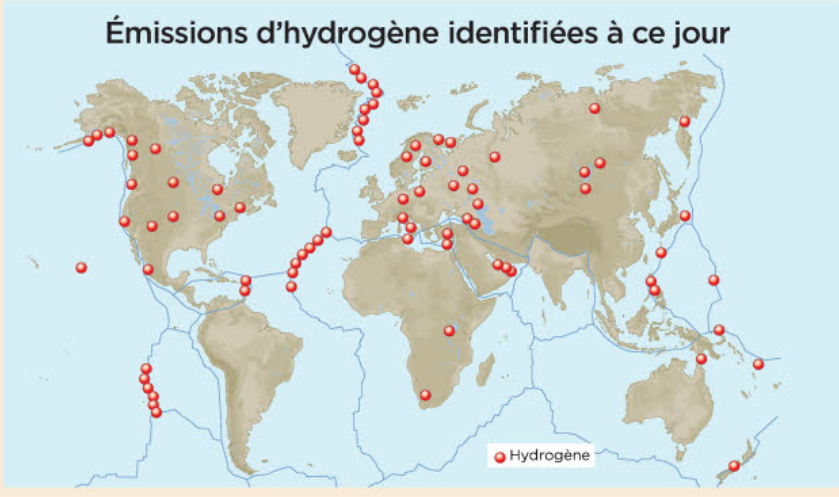
Chaque source naturelle produit environ 40 000 m^3 par jour, soit la consommation annuelle moyenne de gaz naturel de 50 habitants en France.

Pourtant, il y a une vingtaine d'années, les experts de l'Ifremer avaient bien détecté d'importantes émanations d'hydrogène au fond des océans, le long des rides médio-océaniques. Cela signifiait qu'à l'intérieur de la Terre, l'hydrogène libre pouvait exister et remonter le long des dorsales et à travers les sources hydrothermales pour ressurgir au niveau du plancher océanique. Mais les dogmes scientifiques ont la vie dure et *« personne ne se doutait que les continents aussi pouvaient dégager de l'hydrogène »*, explique Alain Prinzhofer, géologue et géochimiste qui a longtemps travaillé à l'Ifpen avant de rejoindre, il y a un an, une compagnie de prospection pétrolière et gazière au Brésil.

Il a fallu un événement fortuit pour comprendre enfin que cette réaction pouvait avoir lieu également sous nos pieds, et que la circulation d'eau à travers les roches riches en fer puisse libérer de l'hydrogène en formant des oxydes de fer *(voir l'infographie p. 12)*. Alain Prinzhofer, qui a participé à cette découverte majeure, se souvient de l'aventure. *« Il y a trois ans environ, mes collègues de l'Ifpen et moi-même avons été contactés par une équipe russe qui demandait*

Détection par satellite

La découverte de structures circulaires qui émettent de l'hydrogène au beau milieu des plaines de Russie *(ci-dessus)* a surpris les géologues qui excluaient jusque-là l'existence de ce gaz à l'état moléculaire dans la Terre. Désormais, sa détection peut même s'effectuer grâce à des images satellites. À ce jour, de nombreux sites *(carte ci-contre)* commencent à être repérés.

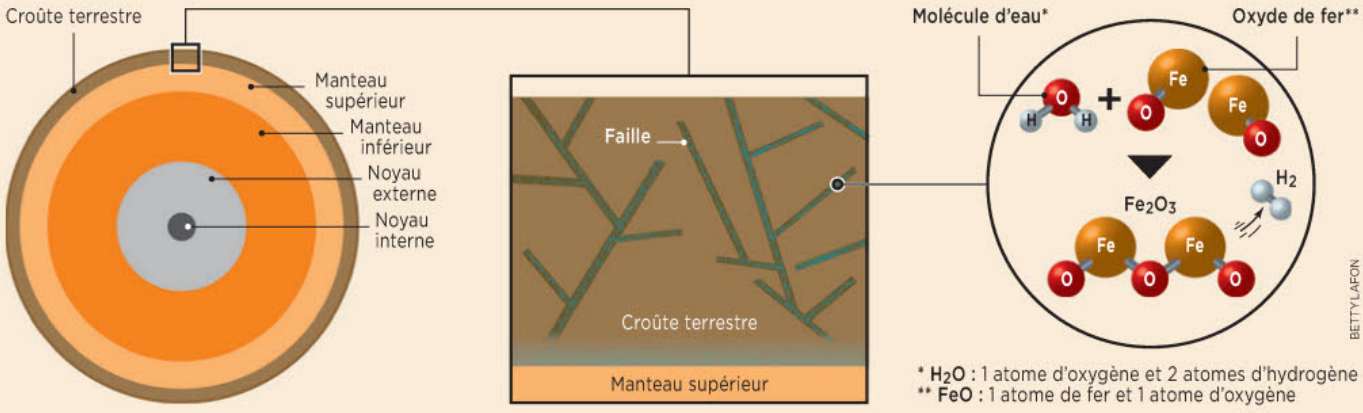


notre aide pour comprendre une énigme géologique », raconte-t-il. En effectuant des travaux de forage, les géologues russes avaient en effet mesuré dans les tout premiers mètres du sol de gigantesques flux d'hydrogène émanant de structures circulaires au beau milieu des plaines du pays. Or, rien dans ce que l'on savait alors de la géologie des continents ne pouvait expliquer pareil phénomène. *« Notre première réaction, avec mon confrère Éric Deville, a été de douter des mesures effectuées. Nous pensions que leurs appareils avaient été mal calibrés. L'équipe russe nous a donc invités à venir effectuer sur place nos propres mesures. Et là, nous avons été complètement surpris ! »*

Les Français confirment en effet la nature du gaz s'échappant des structures circulaires, dont le diamètre varie entre 500 m et 1 km. Chaque cercle dégage environ 40 000 m^3 d'hydrogène par jour, ce qui équivaut à la consommation moyenne annuelle de gaz naturel de 50 habitants en France.

Dès lors, les questions se bousculent dans l'esprit des géologues : s'agit-il d'une spécificité du sol russe ou ces émanations naturelles existent-elles ailleurs ? *« Nous avons examiné les images satellites de la région... pour nous rendre compte que ces structures circulaires sont tout à fait visibles ! »* À certains endroits, une surface de 100 km de côté présente

Comment l'hydrogène se forme au sein de la Terre



* **H_2O** : 1 atome d'oxygène et 2 atomes d'hydrogène
** **FeO** : 1 atome de fer et 1 atome d'oxygène

« À l'origine de l'émission de l'hydrogène, il y a la réaction d'oxydation du fer présent dans les roches par l'oxygène de l'eau », explique Bruno Goffé, minéralogiste au Cerege (Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement) et animateur à l'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (Ancre). Ces réactions d'oxydoréduction se produisent à chaque fois que des espèces chimiques échangent des électrons. Elles expliquent une foule de phénomènes, depuis la combustion jusqu'à la respiration, en passant par la métallurgie et de nombreuses réactions en biologie. En présence d'oxygène, que ce soit dans l'air ou dans l'eau, le fer s'oxyde. Le fer (Fe) possède plusieurs états d'oxydation. Un atome de fer peut se lier à l'oxygène de l'air pour former l'oxyde ferreux, FeO, ou encore deux atomes de fer se lier à trois ou quatre atomes d'oxygène pour former l'oxyde ferrique Fe_2O_3, communément appelé hématite, ou encore Fe_3O_4, la magnétite. Plus le fer est dans un état d'oxydation avancé, plus la réaction libère de l'hydrogène. En profondeur, le fer est intégré aux minéraux comme l'olivine et le pyroxène qui forment les roches du manteau.

« Nous savons depuis peu qu'une grande quantité d'eau circule dans le manteau et réagit avec le fer présent dans les roches. L'eau altère celles-ci et les transforment en serpentine. La réaction forme des oxydes de fer et libère de l'hydrogène sous forme de gaz », précise Bruno Goffé. Cet hydrogène léger se fraye un chemin à travers les interstices des roches. Au passage, il s'allie éventuellement avec le carbone pour former du méthane (CH_4), qui associe quatre atomes d'hydrogène et un de carbone. Mais selon le chemin emprunté, tout l'hydrogène n'est pas consommé. Le plus léger des éléments chimiques remonte ainsi en surface.

même une centaine de ces formations circulaires — peu visibles au niveau du sol. Les chercheurs apprennent très vite à repérer ces structures et se lancent dans un examen approfondi des clichés en libre accès, notamment grâce à Google Earth, ce logiciel permettant de voir la Terre depuis l'espace par un assemblage de photos aériennes ou satellitaires. Et là, comble de surprise, ils en détectent... partout ! En Amérique du Sud, aux États-Unis, en Afrique...

L'exploitation des puits ne nécessitent pas de forages profonds

Une fois sur le terrain, appareils de mesure en main, ils confirment la présence d'hydrogène. Ces cercles ressemblent, sur un terrain nu, à de légères dépressions, où l'eau s'accumule, formant des mini-lacs. Ailleurs, lorsque le sol est couvert de végétaux, les remontées d'hydrogène changent la nature du terrain et la végétation. La planète regorge ainsi de vastes régions qui émettent de l'hydrogène quasi pur, à l'état naturel, qu'il suffirait de recueillir. De quoi laisser pantois non seulement les géologues, mais aussi les industriels de la chimie qui fabriquent ce gaz à grands frais.

ALAIN PRINZHOFER

Sur le terrain, une instrumentation légère permet de mesurer les émanations d'hydrogène.

Car aujourd'hui, l'hydrogène — entièrement manufacturé — est avant tout utilisé pour la production de l'ammoniaque, ingrédient principal des engrais azotés et pour le raffinage des huiles lourdes. On espère, à terme, l'utiliser pour les voitures propres de demain. Or, il provient principalement de la transformation du gaz naturel, le méthane (CH_4), par l'eau : outre l'hydrogène, la réaction dégage du CO_2. Ainsi, produire une tonne d'hydrogène par cette méthode dégage 10 tonnes de CO_2. L'autre voie est l'électrolyse de l'eau, H_2O, formée de deux atomes d'hydrogène et un d'oxygène. Le principe est connu depuis plus de deux siècles. On peut dissocier l'oxygène (O) et l'hydrogène (H_2) à l'aide d'un courant électrique circulant entre deux électrodes : l'oxygène s'accumule sur l'anode et de l'hydrogène se dégage de la cathode. Mais le bilan économique

Un gaz aux multiples applications

LES ENGRAIS L'élément essentiel des engrais est l'ammoniaque. Sa production nécessite de l'hydrogène entièrement fabriqué par une filière industrielle qui émet beaucoup de gaz à effet de serre. L'hydrogène naturel pourrait le remplacer.

LE GAZ NATUREL L'hydrogène naturel pourrait remplacer à hauteur de 20 % le gaz naturel (qui est du méthane) dans le réseau de distribution, sans changer l'installation actuelle.

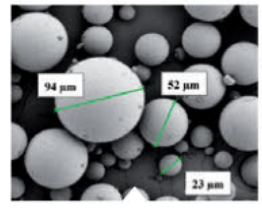
LA VOITURE À HYDROGÈNE Elle utilise une pile à combustible qui assure le mélange de l'hydrogène — pour l'heure manufacturé — avec l'oxygène de l'air pour produire de l'électricité et de la vapeur d'eau. L'hydrogène naturel se substituerait à celui manufacturé.

et énergétique est sombre : sa fabrication nécessite des installations coûteuses et, pour produire la même quantité d'énergie, l'hydrogène manufacturé revient cinq fois plus cher que le pétrole. Résultat : l'industrie n'en fabrique que lorsqu'il est irremplaçable. Malgré cela, sa consommation atteint quand même 7 x 10^{11} m^3 par an, soit le quart de celle du gaz naturel (méthane). Un procédé bien coûteux comparé à l'hydrogène naturel, qui peut-être directement recueilli en surface.

Deux usines pilotes d'exploitation de l'hydrogène naturel sont en développement à ce jour. « *La première, en construction, est située dans le Kansas (États-Unis)*, précise Alain Prinzhofer. *Après avoir exploité le pétrole de son champ, le fermier Donald Clark se lance dans l'exploitation des émanations d'hydrogène de son terrain pour le revendre à l'industrie des engrais. La seconde est au Mali, à 60 kilomètres de Bamako. Elle est la propriété d'une petite compagnie canadienne qui travaillait sur place et a fortuitement retrouvé une source d'hydrogène qui avait été autrefois identifiée. Son extraction permet aujourd'hui de produire de l'électricité pour quelques villages.* » Ces deux tentatives démontrent, à leur niveau, la faisabilité de la technique. Même si développer toute une filière demande bien sûr des moyens autrement plus importants, en tenant compte d'une contrainte majeure : l'hydrogène est un gaz hautement inflammable.

L'ensemble de la filière industrielle reste à inventer

D'ores et déjà, le monde des spécialistes en énergies s'agite. En France, l'Ifpen a annoncé la mise en œuvre d'un programme de recherche. Le Laboratoire interdisciplinaire des énergies de demain (Lied) de l'université Paris-Diderot s'y intéresse également, et a même organisé un colloque en février sur le sujet. Outre-Atlantique, de nombreuses publications scientifiques portent sur les procédés d'extraction, de stockage et de développement envisagés pour cette filière. Les chercheurs du Savannah River National Laboratory, en Caroline du Sud — qui dépend du département fédéral de l'Énergie — travaillent ainsi sur un mode de stockage original dans la perspective d'un développement massif de la filière : des microbilles creuses en verre, d'une fraction de millimètre de diamètre — comme des grains de sable — pourraient contenir de l'hydrogène comprimé jusqu'à des milliers de fois la pression atmosphérique. Leur paroi, devenue poreuse par chauffage, permet d'y faire pénétrer le gaz, puis un refroidissement brutal l'emprisonne au sein de la microsphère. « *On peut ensuite utiliser les microbilles en les broyant ou en les chauffant pour libérer l'hydrogène dans un moteur*, précise Alain Prinzhofer. *La rupture accidentelle d'un grain ne libère que très peu de gaz qui ne risque donc pas de s'enflammer…* » Ainsi un réservoir de 10 litres rempli avec ces microbilles pourra fournir en quantité d'énergie l'équivalent de 20 litres d'essence.



SAVANNAH RIVER LABORATORY

Des microsphères creuses en verre, de quelques dizaines de micromètres, pourraient contenir de l'hydrogène sous pression : un moyen de stockage que développent les chercheurs du Savannah River Laboratory, aux États-Unis.

Un nouveau carburant, mêlant hydrogène et méthane, va voir le jour

En attendant que le consommateur puisse acheter son paquet de sable d'hydrogène, d'autres applications sont déjà prévisibles à court terme. « *Nous pourrions, sans modifier l'état actuel du réseau de distribution de gaz, injecter jusqu'à 20 % d'hydrogène sans investissement supplémentaire* », soutient Alain Prinzhofer. De quoi diminuer d'autant le rejet de gaz à effet de serre produit par la combustion du méthane. Fin 2012, GDF-Suez a ainsi lancé le projet GRHYD* dont le but est de remplacer 20 % du méthane dans le réseau de distribution par de l'hydrogène. Un nouveau carburant, baptisé Hythane (hydrogène et méthane), dont la phase d'étude préalable s'étend sur deux ans, verra ainsi le jour. Pour l'heure, GDF fabrique cet hydrogène en convertissant le surplus d'énergie issu des éoliennes et des centrales solaires, qui serait perdu faute de stockage, en électricité. La découverte de sources d'hydrogène naturel pourrait, bien sûr, faire décoller ce projet.

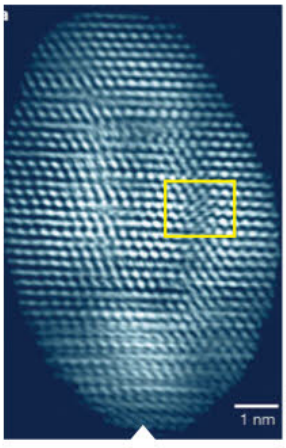
Reste aux grandes entreprises de l'énergie à s'intéresser à cette nouvelle filière. Ce qui n'est pas une évidence. « *Les grands groupes énergétiques tergiversent avant de s'engager dans cette voie en raison, entre autres, de la grande nouveauté de cette filière et des risques attenants à ce tournant dans l'utilisation de l'hydrogène* », explique Alain Prinzhofer. Hésiteront-ils longtemps avant d'emprunter ce long chemin qui semble tout tracé ? ■

* HTTP://ADEME.TYPEPAD.FR/FILES/CP-GRHYD-VF.PDF

Zoom sur les faiblesses d'un cristal

MATÉRIAUX Voici la première image *(ci-dessous)* d'un défaut cristallin dans une nanoparticule (de l'ordre du millionième de millimètre). Obtenue en combinant la microscopie électronique et la diffraction des rayons X, elle a permis de visualiser en temps réel l'arrangement atomique d'un défaut cristallin dans un échantillon de platine de 850 nm^3. Ce défaut, appelé dislocation, est un atome manquant au sein d'un réseau régulier. Il peut se propager et s'accumuler avec d'autres dislocations, fragilisant le cristal. D'où la nécessité de les visualiser dans certains matériaux tels ceux des cuves de centrales nucléaires. **A. Kh.**

SOURCE : CHIEN-CHUN CHEN, UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE.



NATURE

Le motif en zigzag (cadre jaune) indique un défaut (dislocation) dans la couche atomique.

STEFAN RALEW / SR-METEORITE.DE

Les morceaux de la météorite NWA 7325 (ici le plus gros : 100 g) ont une étonnante couleur verte.

La première météorite venue de Mercure

Des fragments découverts au Maroc proviendraient de Mercure, selon les analyses de l'université de Washington.

PLANÉTOLOGIE Jamais les chasseurs de météorites n'avaient mis la main sur un fragment de Mercure. Mais, selon des analyses réalisées à l'université de Washington (Seattle, États-Unis), les 35 fragments tombés en 2012 dans le désert marocain et acquis par le chasseur de météorites allemand Stefan Ralew proviendraient bien de la planète la plus proche du Soleil — ou d'un astre voisin. Ainsi, ces débris ne comportent aucune trace de fer, métal dont la surface de Mercure est justement quasi dépourvue — une caractéristique assez inhabituelle dans le système solaire. L'ensemble des morceaux, qui pèse 354 g, a un aspect singulier dominé par une forte couleur verte. D'autres analyses devront être conduites sur les échantillons pour confirmer l'origine mercurienne : comparer leur champ magnétique avec celui de Mercure, les faire fondre, puis les resolidifier pour voir si la roche ainsi obtenue est semblable au sol de la planète. **L. H.**

LES SÉISMES VALENT DE L'OR

MINÉRALOGIE Les gisements d'or se sont formés lors de tremblements de terre, affirment deux géologues australiens dans *Nature Geoscience*. Ils se sont attelés à expliquer pourquoi les veines de quartz des régions de montagnes comportent des concentrations en or mille fois plus importantes que la moyenne de la croûte terrestre. L'idée était qu'un seul processus naturel peut conduire à la formation d'un dépôt très localisé de ce métal : la vaporisation ultrarapide des fluides chargés en or qui circulent dans le sous-sol. Les chercheurs ont établi qu'il faut pour cela une variation de pression soudaine au cœur de la roche, si importante qu'elle ne peut être l'œuvre que de séismes d'une magnitude 4 au moins. Les gisements rentables doivent être recherchés dans des régions à forte sismicité. **A. Kh.**

SPL / COSMOS

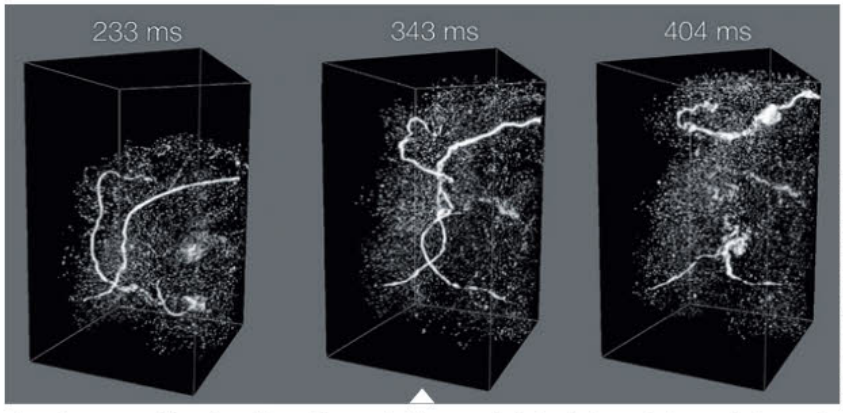
Les veines de quartz des régions montagneuses sont riches en or.

EN BREF

CRYPTOGRAPHIE EN VOL. Un signal quantique a été transmis depuis le sol à un avion se déplaçant à 300 km/h. En perspective : des communications sécurisées entre la Terre et des satellites. **SIMULATION MARTIENNE.** Après 142 jours passés à bord de la Station spatiale, deux cosmonautes russes ont simulé un atterrissage martien afin d'étudier les réflexes après un voyage. **SUBMERSIBLE CHINOIS.** La Chine a annoncé que son sous-marin *Jiaolong*, mis en service en 2010, va commencer ses missions scientifiques à raison de cinq mois par an.

On a fait des nœuds dans l'eau

Une expérience originale pour mieux comprendre comment les tourbillons interagissent.



DUSTIN KLECKNER ET WILLIAM T.M IRVINE

Les formes créées dans l'eau (à gauche) bougent et s'entrelacent (au centre) avant de diverger quelques centaines de millisecondes plus tard (à droite).

DYNAMIQUE DES FLUIDES Les nœuds photographiés ci-dessus sont des tourbillons d'eau. Pour ce faire, deux chercheurs de l'université de Chicago (États-Unis) ont plongé des rubans en plastique de formes complexes dans un récipient d'eau, puis les ont retirés brutalement. Résultat : le mouvement d'eau prend la forme des rubans. En réalité, ce ne sont pas les tourbillons que l'on observe, mais de minuscules bulles d'air qui se créent lorsque l'eau est agitée. Les nœuds évoluent avec le temps : ils bougent, se déforment, et interagissent. Puis, quelques centaines de millisecondes plus tard, ils se séparent. **C. M.**

À VOIR SUR TABLETTE

La vidéo de l'évolution des nœuds au ralenti
www.youtube.com/watch?v=rcnw8NeJqjU

Un lubrifiant pour plaque tectonique

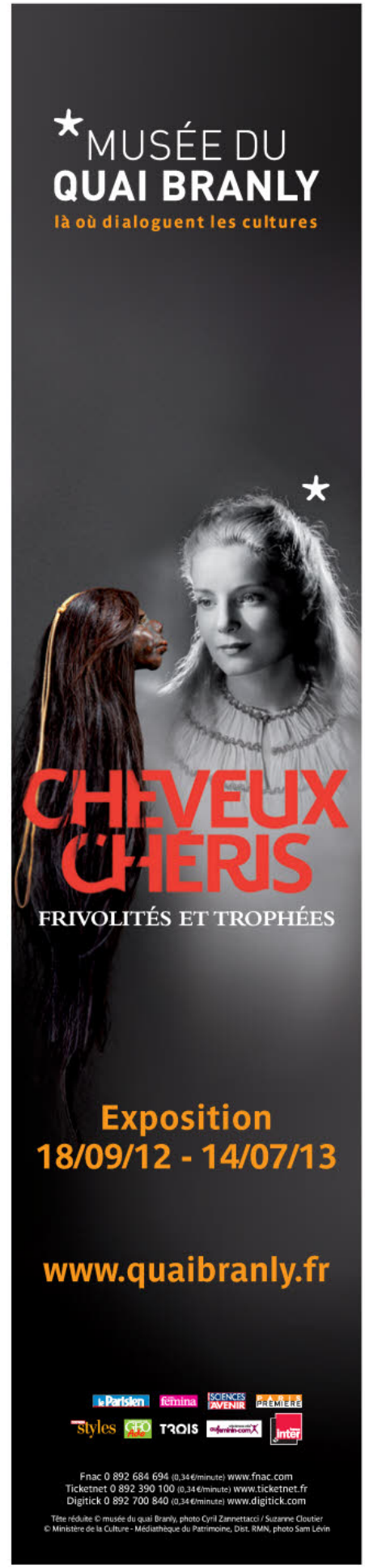
GÉOLOGIE En forant au large de l'Amérique centrale, des chercheurs ont découvert, sous la plaque Coco, une couche de roche partiellement fondue épaisse de 25 km. Sa viscosité est beaucoup plus faible que celle des roches la surplombant, si bien qu'elle agirait comme un lubrifiant pour les mouvements tectoniques.

SOURCE : SAMER NAIF, LABORATOIRE OCÉANOGRAPHIQUE SCRIPPS À SAN DIEGO (CALIFORNIE).

Planètes privées d'atmosphère

ASTRONOMIE Récemment découvertes, les exoplanètes dont la densité est supérieure à celle du fer pur seraient des cœurs fossiles d'anciens astres glacés semblables à Neptune. Elles se seraient trop approchées de leur étoile et leurs couches extérieures auraient été abrasées par les vents stellaires.

SOURCE : OLIVIER GRASSET, UNIVERSITÉ DE NANTES.



DES GAULOIS EXHUMÉS EN CHAMPAGNE

Une exceptionnelle nécropole de l'âge du fer a été mise au jour près de Troyes.

PROTOHISTOIRE De très rares sépultures gauloises ont été découvertes à 8 kilomètres de Troyes, sur le site du futur Parc logistique de l'Aube, à Buchères. Parmi les tombes fouillées par une équipe de l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap), cinq abritaient les corps de guerriers. Ils étaient armés de longues épées, aux fourreaux parfois ornés, et de lances en bois dont ne subsistent que les pointes en fer. Deux des fosses ont également livré le pourtour métallique et l'arête centrale (*spina*) de boucliers de forme ovale (*lire* S. et A. *n° 766, octobre 2011*). À proximité de ces combattants de La Tène ancienne (IV^{e}-III^{e} siècle avant notre ère), reposaient les corps de quatre femmes arborant des torques (colliers rigides) en bronze et des parures en alliage cuivreux. Hommes et femmes portaient sur la poitrine des fibules (agrafes à vêtement), parfois serties de corail. La moisson des fouilleurs n'est pas terminée : une dizaine de tombes restent à explorer. **B. A.**

DENIS GLIKSMAN / INRAP

Cette femme portait un bracelet et des fibules de cuivre, alors que celles des guerriers étaient en fer.

CNRS-IRHT

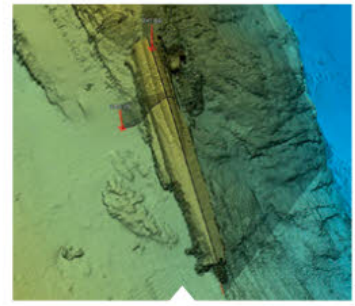
À VOIR SUR LE WEB

Le Moyen Âge en ligne

ARCHIVES Plus de 1500 manuscrits, 4200 éléments de décor de documents du Moyen Âge à la Renaissance : ce trésor peut être consulté librement dans une bibliothèque virtuelle conçue par l'Institut de recherche et d'histoire des textes du CNRS. Une collection appelée à s'agrandir. http://bvmm.irht.cnrs.fr

Le sous-marin « U-486 » a été retrouvé

HISTOIRE L'épave d'un sous-marin allemand de la Seconde Guerre mondiale a été repérée fin mars au large de Bergen (Norvège). Et pas n'importe laquelle. Coulé par les Britanniques en avril 1945, le submersible *U-486* gisait par 250 m de fond. Il a été localisé par la compagnie pétrolière Statoil, lors de la pose d'un oléoduc. Selon les éléments transmis à la radio norvégienne NRK, *« ce sous-marin possédait un revêtement en caoutchouc synthétique, conçu pour réduire son signal radar »*. Il est connu pour avoir torpillé le 24 décembre 1944 le navire belge *Léopoldville*, faisant plus de 800 morts. À moins de 2 km, c'est une autre épave, celle de l'*U-864*, qui repose sur le fond avec une cargaison de plusieurs tonnes de mercure. Aucune solution n'a été trouvée pour la récupérer. **B. A**



DOF SUBSEA / STATOIL

L'épave a été révélée par cette modélisation numérique du fond.

Un ovaire en moins pour voler

ORNITHOLOGIE Il y a 120 millions d'années, les oiseaux primitifs n'avaient déjà plus qu'un seul ovaire fonctionnel — comme les oiseaux actuels. La preuve a été apportée par l'examen de trois fossiles bien préservés découverts en Chine. Cette particularité serait une adaptation au vol. Aujourd'hui, les oiseaux pondent moins d'œufs que leurs plus proches parents, les crocodiles, et ils ne les stockent pas très longtemps dans leur oviducte. Les femelles sont ainsi allégées, notamment en période de ponte. **P. K.**

22 000 ans L'ÂGE DE PIERRE EN AMÉRIQUE

BOËDA

Certaines pierres taillées *(photo)* retrouvées au Brésil sont âgées de 22 000 ans. Cette datation a été établie par les archéologues Christelle Lahaye (université de Bordeaux) et Éric Boëda (université Paris-X) grâce à la technique de luminescence. Ce résultat avance de plusieurs milliers d'années l'arrivée de l'homme en Amérique, fixée en général autour de -15 000 ans. L'abri-sous-roche Toca da Tira Peia d'où proviennent ces outils est situé dans la même région que le site de Pedra Furada, un immense abri orné qui a lui aussi livré des datations anciennes *(lire* S. et A. *n° 722, avril 2007)*. **B. A.**

www.citroen.fr

CITROËN préfère TOTAL

LE COUPÉ 5 PORTES

CITROËN DS4

FABRIQUÉE EN FRANCE

À PARTIR DE

249 € / MOIS* ENTRETIEN 4 ANS INCLUS

APRÈS UN 1ER LOYER DE 3 800 € EN LOCATION LONGUE DURÉE DE 48 MOIS ET 40 000 KM SOUS CONDITION DE REPRISE

Avec une silhouette de coupé 5 portes, Citroën DS4 offre une nouvelle perception de la route. Raffinée et audacieuse, Citroën DS4 propose une large gamme de motorisations, des finitions haute couture et des ambiances intérieures personnalisables. Ne choisissez plus entre élégance, polyvalence et plaisir de conduire. Conduisez sans compromis, conduisez Citroën DS4.

CRÉATIVE TECHNOLOGIE

CITROËN

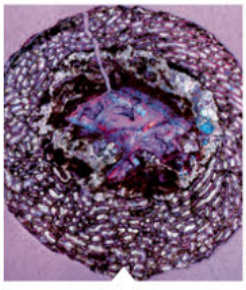
Automobiles CITROËN : RCS Paris 642 050 199

Modèle présenté : Citroën DS4 THP 200 Sport Chic avec peinture Blanc Nacré, jantes alliage 19'', coques de rétroviseurs chromées et projecteurs directionnels Xénon bi-fonction + Détection de sous-gonflage (Location Longue Durée avec entretien inclus sur 48 mois et 40 000 km : 47 loyers de 379 € après un 1er loyer de 6 191 €, déduction faite de 2 500 € pour la reprise de votre ancien véhicule). * Exemple pour la LLD sur 48 mois et 40 000 km d'une Citroën DS4 VTi 120 BVM Chic, hors option ; soit 47 loyers de 249 €, après un 1er loyer de 3 800 €, déduction faite de 2 500 € pour la reprise de votre ancien véhicule. Contrat d'entretien inclus, au prix de 21 €/mois pour 48 mois et 40 000 km (au 1er des deux termes échu), comprenant l'entretien périodique et l'assistance du véhicule 24 h / 24 et 7 j / 7 (conditions générales du contrat d'entretien disponibles dans le réseau Citroën). Montants TTC et hors prestations facultatives. Offre non cumulable valable jusqu'au 31/05/13 réservée aux particuliers, dans le réseau Citroën participant, et sous réserve d'acceptation du dossier par CREDIPAR/Citroën Financement, locataire-gérant de CLV, SA au capital de 107 300 016 €, n° 317 425 981 RCS Nanterre, 12, avenue André-Malraux, 92300 Levallois-Perret.

CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO_2 DE CITROËN DS4 : DE 4,2 À 7,7 L/100 KM ET DE 110 À 178 G/KM.

Les plus vieux embryons fossilisés de dinosaures

PALÉONTOLOGIE Des chercheurs canadiens ont mis au jour en Chine des embryons de dinosaures vieux de 195 millions d'années. L'observation de plus de 200 ossements à divers stades de développement a permis d'identifier une importante vascularisation dans des fémurs de 12 à 22 mm de long, indiquant une croissance très rapide et une courte période d'incubation. Les muscles embryonnaires auraient permis au fœtus de se mouvoir dans l'œuf. Enfin, des traces de matière organique auraient été retrouvées dans les tissus osseux. Une découverte qui reste à confirmer. **M. G.**



A. LEBLANC

Fémur d'embryon de dinosaure vu en coupe.

LUIS GALDAMEZ / REUTERS

Joya de Cerén a été enseveli vers 600 par une éruption du Laguna Caldera.

Sous les cendres, la vie des paysans mayas

Jardins, champs, maisons, objets remarquablement conservés : au Salvador, les chercheurs explorent un Pompéi précolombien.

ARCHÉOLOGIE Les dernières fouilles du site de Joya de Cerén, au Salvador, ont révélé des informations inédites sur la vie quotidienne des Mayas et leurs pratiques agricoles. La présence de nombreux arbres fruitiers autour des maisons contredit ainsi la théorie selon laquelle ils pratiquaient une culture sur brûlis obligeant à de fréquents déplacements. Ils labouraient plutôt pour planter du manioc, du maïs et du malanga, un tubercule jamais associé à l'agriculture maya jusque-là.

Toutes ces découvertes ont été possibles car ce site, classé au Patrimoine mondial de l'humanité, abrite les restes remarquablement conservés d'un village enseveli lors d'une éruption volcanique vers l'an 600. Comme à Pompéi, les cendres y ont préservé maisons, jardins, cultures et de nombreuses poteries. Ces nouvelles fouilles confirment aussi que, contrairement aux Romains, les Mayas ont su interpréter à temps les signes précurseurs de l'éruption : aucun corps n'a encore été retrouvé à Cerén. **J. I.**

Le chantier de Chauvet accessible

ART PARIÉTAL Le chantier de l'espace de restitution de la grotte Chauvet, en Ardèche, sera exceptionnellement ouvert au public les 25 et 26 mai. Les travaux de terrassement du site du Razal, à 5 km de Vallon-Pont-d'Arc, viennent de se terminer. Lorsqu'il ouvrira, en 2014, ce fac-similé sera dix fois plus grand que celui de Lascaux. **B. A.**

La joie et la tristesse restent dans les annales

PSYCHOLOGIE SOCIALE La proportion de mots traduisant la tristesse ou la joie dans les livres varie selon l'actualité. C'est la conclusion d'une analyse inédite des livres anglophones du XX[e] siècle réunis dans la base de données de Google Books. On observe deux pics de mots tristes, pendant la Seconde Guerre mondiale et le premier choc pétrolier (1973). À l'inverse, la littérature des Années Folles et de l'après-guerre contient davantage de mots joyeux. **M. C.**

UN CHIEN SIBÉRIEN ÂGÉ DE 33 000 ANS

PALÉOZOOLOGIE Découvert en 1975 dans la grotte de Razboinichya, dans les monts Altaï, le crâne d'un canidé sibérien qui avait été daté de -33 000 ans en 2011 serait bien celui d'un chien. C'est ce que révèle l'étude du matériel génétique extrait d'une incisive et d'une mandibule du fossile. Le spécimen se révèle plus étroitement apparenté aux chiens qu'aux loups. Il est génétiquement distinct de plusieurs loups fossiles, contemporains ou plus anciens, trouvés dans la même grotte. Les chercheurs confirment donc l'hypothèse d'une première tentative de domestication, bien antérieure à celle qui a suivi la dernière glaciation (entre -26 500 et -19 000 ans). **L. B.**

SOURCE : A S. DRUZHKOVA, ACADÉMIE DES SCIENCES DE RUSSIE.

PLOSONE

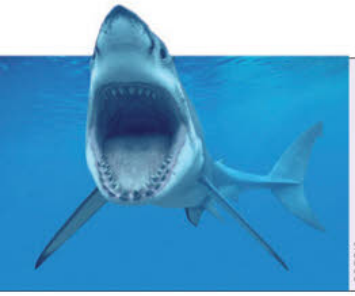
Le crâne du canidé présente des caractères qui le distinguent du loup et le rapprochent du chien.

Nous créons de la chimie qui donne envie aux moustiques de s'enfuir.

Dans des villages où le paludisme représente une menace mortelle, nous fournissons des moustiquaires Interceptor® qui arrêtent les moustiques et protègent les enfants. Mais ces moustiquaires font plus que sauver des vies. Une forte diminution de la contamination permet de reprendre des activités quotidiennes comme le jeu ou l'école. Une population en bonne santé et mieux éduquée joue un rôle clé dans la lutte contre la pauvreté. Quand des moustiquaires aident la population à prospérer, c'est parce que, chez BASF, nous créons de la chimie.

www.wecreatechemistry.com

BASF
The Chemical Company


CORBIS

GRAND REQUIN BLANC VORACE

ICHTYOLOGIE Au moins un phoque tous les trois jours ! Les besoins alimentaires du grand requin blanc (*Carcharodon carcharias*) semblent bien supérieurs à ce que supposaient les scientifiques jusqu'à présent. Cette estimation a été réalisée par Jayson Semmens de l'université de Tasmanie (Australie) en équipant 12 animaux de balises radioacoustiques enregistrant leurs déplacements. Données à partir desquelles les chercheurs ont pu faire des calculs sur leur métabolisme. **L. C.**

62 %

La proportion moyenne de terres propices à la culture de la vigne qui pourraient être abandonnées d'ici à 2050.

Une conséquence probable du réchauffement climatique. Le Languedoc, la vallée du Rhône et le Bordelais sont particulièrement concernés.

SOURCE : LEE HANNAH, CONSERVATION INTERNATIONAL, ARLINGTON (ÉTATS-UNIS).

L'Eyjafjöll a fertilisé les mers

OCÉANOLOGIE L'éruption du volcan islandais Eyjafjöll en 2010 a nourri l'océan Atlantique de fines particules de fer et de nitrate sur 570 000 km². D'où 15 % à 20 % de phytoplancton en plus dans des zones maritimes. Cette augmentation n'a cependant pas duré, puisque la biochimie du bassin océanique islandais n'a été modifiée que durant quelques mois. **L. C.**

SOURCE : ÉRIC ACHTERBERG, INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE DE SOUTHAMPTON (ROYAUME-UNI).

L'énigme des cercles de fées enfin élucidée

Ces curiosités végétales sont dues à des termites qui grignotent les racines en mouvements circulaires.

N. JUERGENS

Des arrondis sans végétation laissent apparaître la terre rougeâtre en Namibie.

BOTANIQUE Constitués d'étranges ronds dénudés parfaitement circulaires, entourés d'un bandeau de végétation, les « cercles de fées » (encore appelés « cheminées de sorcière ») se retrouvent dans quelques zones africaines semi-désertiques, s'étendant de l'Angola à l'Afrique du Sud. Ces curiosités botaniques, qui mesurent entre deux et 12 mètres de diamètre sur plusieurs centimètres de hauteur, alimentent contes et rumeurs depuis peut-être aussi longtemps que l'être humain parcourt ces rudes contrées.

Mais leurs créateurs viennent enfin d'être débusqués : il s'agirait tout simplement de termites vivant dans le sable, suspecte Norbert Juergens, de l'université de Hambourg. Le biologiste allemand a exposé ses arguments dans la revue *Science*. Premièrement, il a systématiquement prélevé des termites à proximité des cercles et ce, dès les premiers stades de leur formation. Et pas n'importe quels termites, ceux appartenant à l'espèce *Psammotermes allocerus*, qui se nourrit de racines de graminées. Le scientifique pense que les insectes grignotent petit à petit les racines, selon des mouvements circulaires de plus en plus larges. De fait, lors des pluies, le rond accumule l'eau et constitue une réserve pour les plantes épargnées situées à l'orée du cercle. Ainsi alimentées, elles se mettent à pousser démesurément. **Hervé Ratel**

Le coq chante à heures fixes

ZOOLOGIE Ce n'est pas le lever du jour, mais son horloge biologique interne qui indique au coq de chanter. Ce qui n'était jusque-là qu'un soupçon est devenu une certitude grâce à une expérience : une quarantaine de gallinacés mâles ont été soumis à une lumière faible mais constante

TAKASHI YOSHIMURA

plusieurs jours durant *(photo ci-dessus)*. Surprise : les oiseaux ont continué à chanter à la même heure pour saluer un lever de soleil pourtant inexistant. Cependant, le cycle biologique interne du coq, calé sur une journée de 23,7 heures, se modifie peu à peu lorsque l'expérience se prolonge. **L. C.**

SOURCE : TSUYOSHI SHIMMURA, UNIVERSITÉ DE NAGOYA (JAPON).

PAROLES

« Il sera bientôt trop tard. Nos modes de consommation sont incompatibles avec la santé de la planète. Notre empreinte écologique est démesurée »

Ban Ki-moon, Secrétaire général des Nations unies, évoquant la situation écologique mondiale.

INTENSE
EXTRÊME
ULTIME
PUISSANT
EXPÉRIENCE
FASCINANT
RAFFINÉ
FORCE 12

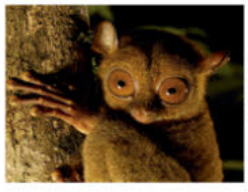
Maison du Café France SNC - RCS Paris 383 885 746

OSEZ LA PUISSANCE ULTIME...

L'OR ESPRESSO

Les nuits en couleurs des premiers tarsiers

ÉVOLUTION C'est une vieille théorie qui part en fumée : la capacité des primates à voir en trichromie (rouge, bleu et vert) n'est pas liée à leur adaptation à la vie diurne. Cette aptitude devait déjà exister auparavant. L'étude qui le révèle a été menée à l'université de Dartmouth (États-Unis). Elle a porté sur des gènes codant les



NATURE PL/E.BACCEGA

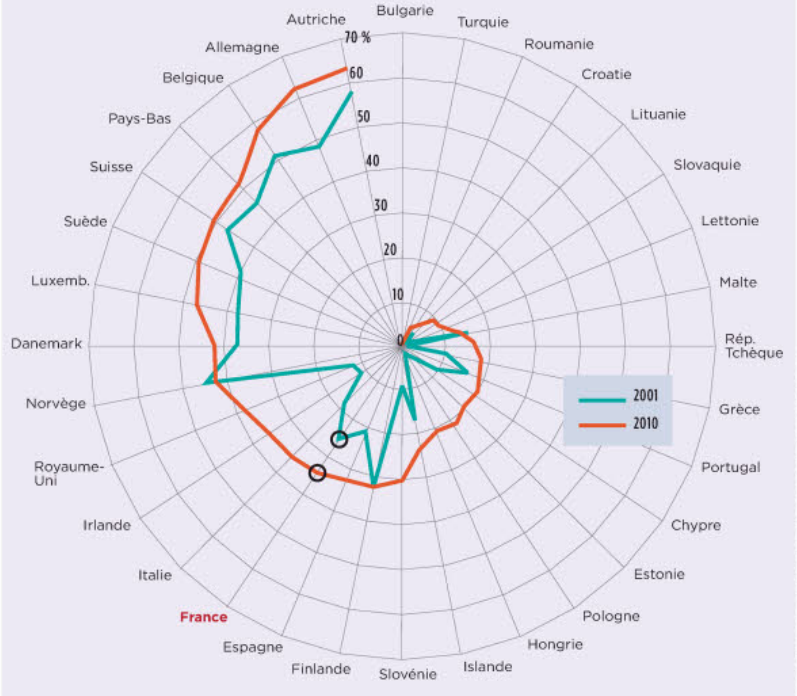
photo-pigments du tarsier, un primate minuscule aux yeux hypertrophiés. Résultat : ses ancêtres étaient déjà dotés des trois cônes de l'œil caractéristiques de la vision en couleurs. Or ils étaient surtout actifs la nuit, comme en témoignent les énormes orbites de fossiles vieux de 30 millions d'années. *« Avec ce double trait, ils étaient adaptés à la nuit, mais aussi à de faibles luminosités, celles du crépuscule ou du clair de lune »,* commente la biologiste Amanda Melin. **R. M.**

DATA

Timide progession du recyclage en Europe

Le retraitement des ordures ménagères se développe mais reste insuffisant dans de nombreux pays.

ENVIRONNEMENT À peine 16 pays européens recyclent plus de 30 % de leurs ordures ménagères. Ce constat, dressé par l'Agence européenne de l'environnement à partir des données de 2010, comporte néanmoins une note positive : ils n'étaient que 10 en 2001. La situation demeure contrastée selon les pays. L'Allemagne et l'Autriche dépassent les 60 % quand la Bulgarie, la Turquie et la Roumanie ne retraitent rien. Avec un taux de 37 %, la France reste loin des 50 % à atteindre en 2020. **L. C.**



SOURCE : EEA REPORT N° 2/2013 - INFOGRAPHIE : SYLVIE DAOUDAL

Le lion ne vit pas aux crochets de la lionne

ZOOLOGIE Le lion chasse aussi et ne s'en remet pas entièrement à la lionne. En croisant des données de fauves munis de colliers GPS et la cartographie 3D de la végétation, des zoologues ont analysé le champ de vision du lion : dans un couvert dense, il ne voit sa proie qu'à 3,4 m. Il chasse en solitaire, tendant des embuscades nocturnes tapi dans les herbes. **L. B.**

SOURCE : SCOTT. LOARIE, CARNEGIE INSTITUTION FOR SCIENCE.

Le pôle Nord bientôt navigable

CLIMATOLOGIE À l'horizon 2040-2059, les glaces arctiques seront suffisamment fines pour que les brise-glaces ordinaires empruntent la voie maritime directe du pôle Nord. Les projections climatiques indiquent également que les bateaux non équipés pour affronter la glace pourront librement emprunter le passage du Nord-Est, qui suit les côtes russes, voire le passage du Nord-Ouest, qui longe le Canada. **L. B.**

SOURCE : L. SMITH, UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE, ÉTATS-UNIS.

MS.G.KLATTE

12 millions de tonnes de méduses ont envahi la Namibie.

APRÈS LA SURPÊCHE, UNE MARÉE DE MÉDUSES

OCÉANOLOGIE Les méduses prolifèreraient principalement à cause de la surpêche des petits poissons pélagiques (sardines, harengs, anchois...), leurs concurrents pour la nourriture. La comparaison de deux écosystèmes dans un même courant océanique au sud de l'Afrique montre que là où les poissons sont prélevés en trop grand nombre, comme au large de la Namibie, les méduses envahissent la niche écologique libérée. Elles deviennent de plus des prédateurs des poissons à l'état larvaire, empêchant ainsi la reconstitution des stocks. **L. B.**

SOURCE : PHILIPPE CURY, INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT.

L'OR ESPRESSO

Maison du Café France SNC - RCS Paris 383 885 746

FORCE 12

ONYX NOIR

OSEZ LA PUISSANCE ULTIME

Capsules compatibles avec les machines à café Nespresso®*. *Marque appartenant à un tiers n'ayant aucun lien avec D.E MASTER BLENDERS 1753.

Les bébés sont conscients, c'est prouvé

NEUROLOGIE Dès 5 mois, les enfants sont conscients. La preuve en est apportée par la découverte chez les bébés d'une « signature neuronale de la conscience ». Jusque-là, cette signature n'avait été décelée que chez l'adulte. L'expérience a consisté à présenter des visages à 80 enfants de 5, 12 et 15 mois et à enregistrer les réponses électriques de leur cerveau. L'électro-encéphalographe a révélé la même réponse que chez les adultes. Elle est toutefois plus tardive, de l'ordre de la seconde, contre 3/10 s chez l'adulte. **H. R.**

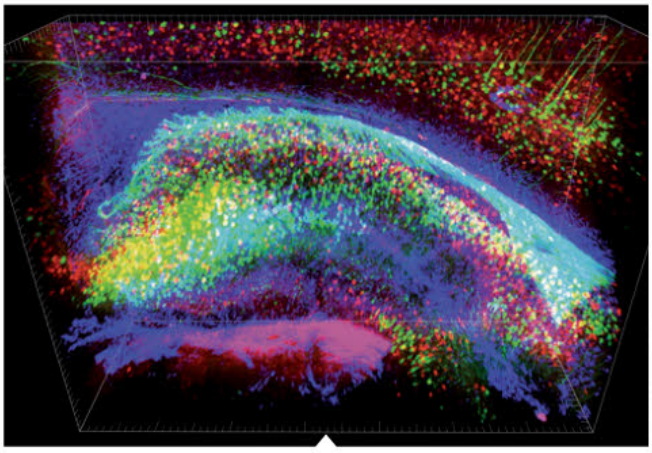
SOURCE : SID KOUIDER, LABORATOIRE DE SCIENCES COGNITIVES ET PSYCHOLINGUISTIQUE, PARIS.

DUNG VO TRUNG/LOOKATSCIENCES

Les enfants ont été étudiés par électro-encéphalographe.

EN BREF

BIEN MANGER. L'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé met en ligne un outil proposant des menus équilibrés. **http://2doc.net/rom72** **MEDIATOR.** Le rapport d'expertise judiciaire du parquet de Paris estime que le médicament est responsable d'environ 1800 morts. **GRIPPE H7N9.** *« Une transmission interhumaine est en théorie possible »,* a admis pour la première fois le 18 avril un officiel chinois, Feng Zijian, du Centre d'urgence de la santé publique.



STANFORD UNIVERSITY

Cet hippocampe de souris laisse apparaître les divers types de cellules qui le composent.

Voir dans un cerveau transparent

Des chercheurs sont parvenus à éliminer dans la matière cérébrale les lipides qui stoppent la lumière.

IMAGERIE Ce cerveau est devenu transparent grâce à un détergent ! Le traitement élimine les lipides des cellules, qui bloquent la lumière. En revanche, les autres constituants demeurent intacts. Cette technique, imaginée par des chercheurs de l'université de Stanford (Californie), ouvre de nouvelles perspectives pour étudier les interactions entre les différentes régions du cerveau. Ainsi, sur l'image d'un hippocampe de souris *(ci-dessus)*, on voit parfaitement les neurones en vert, les espaces qui les séparent en rouge et les astrocytes en bleu. **H. R.**

Somnifère sans effets secondaires

PHARMACIE Des chercheurs américains ont peut-être découvert un type de sédatifs qui n'agiraient pas sur tout le cerveau, et donc n'auraient pas d'effets indésirables sur la mémoire ou l'attention. Cette substance bloque spécifiquement l'action de neuropeptides essentiels dans le maintien de l'éveil. Leur efficacité a été prouvée chez le singe. **P. K.**

SOURCE : JASON USLANER, MERCK & CO, WEST POINT (ÉTATS-UNIS).

Les familles ont leur place aux urgences

HOSPITALISATION Une étude menée avec 15 unités du Samu démontre que la présence aux urgences des proches de malades pris en charge pour une urgence vitale n'induit ni traumatisme pour les familles, ni stress au sein des équipes soignantes. **S. R.-M.**

SOURCE : PATRICIA JABRE, HÔPITAL EUROPÉEN GEORGES-POMPIDOU, PARIS.

L'HALEINE COMME OUTIL DIAGNOSTIQUE

MÉDECINE L'air expiré par chacun d'entre nous aurait une signature stable et spécifique, conclut une étude réalisée par des chercheurs de l'École polytechnique fédérale de Zurich (Suisse). Chez 11 sujets, il a été analysé en temps réel, à quatre moments de la journée durant neuf jours. Au-delà d'un moyen d'identification, sa composition pourrait servir à diagnostiquer et suivre un patient comme avec une analyse de sang ou d'urine. Reste à identifier précisément chaque composé volatile, parmi la centaine que nous expirons, et déterminer si une signature particulière peut permettre un diagnostic fiable de certaines maladies respiratoires ou des cancers du poumon. **M. G.**

XUELI/ETH/ZURICH

Le spectromètre de masse a permis d'analyser les molécules chimiques exhalées.

une nouvelle génération de fenêtres VELUX®

Parce qu'elles ont une durée de vie de plus de 20 ans, les fenêtres VELUX pourront affronter les changements climatiques où des canicules plus marquées succéderont à des pluies plus intenses et des tempêtes plus puissantes. Et ce, sur un espace stratégique, le toit !

Moins d'énergie dépensée

La Nouvelle Génération VELUX offre une isolation efficace grâce à l'utilisation de la VELUX ThermoTechnology™, nouvelle technologie brevetée, qui assure l'isolation des points stratégiques de la fenêtre par des blocs hautement isolants.
Le double vitrage a par ailleurs été optimisé (performances aujourd'hui très proche du triple vitrage) et la lame d'air présente entre les deux surfaces vitrées, est désormais d'une épaisseur constante de 15 millimètres, pour une meilleure isolation.
Résultat : 20% de déperdition d'énergie en moins l'hiver et des performances thermiques deux fois et demi supérieures à celles d'une fenêtre posée il y a vingt ans !

COMMANDE TACTILE : le bien-être au programme

Plus de lumière

Une arrivée plus importante de lumière dans un logement, c'est triplement gagnant. On économise de l'éclairage, on améliore son confort visuel et l'on gagne en sensation d'espace. En redéfinissant le cadre de la fenêtre - réduction du capot extérieur en aluminium, ouvrant placé vers le bas - la fenêtre VELUX Nouvelle Génération procure une perception de 40% d'espace en plus*, grâce à une surface vitrée optimisée de 10 % et 42% de transmission lumineuse supplémentaire par rapport aux fenêtres de l'ancienne génération tout en conservant une protection solaire très élevée pour les vitrages à contrôle solaire, indispensable en toiture.

Plus de confort

La qualité de l'air intérieur est un enjeu très important de santé auquel la nouvelle génération a aussi pensé. La ventilation était déjà une fonction intégrée à la barre de manœuvre de la fenêtre, pour permettre une aération minimum quand elle était fermée, via le clapet de ventilation. Le vrai «plus» technologique, c'est la gestion électrique qui dote maintenant la fenêtreVELUX INTEGRA®, de nouvelles fonctions intelligentes. La fonction «ventilation» permet de commander à distance l'ouverture de la ventilation et sa durée. Il sera aussi possible de partir de chez soi en laissant la fenêtre ouverte avec la garantie qu'elle se referme au bout de 15 minutes : aérer sans être présent, grâce aux programmes pré-enregistrés dans la commande tactile !
Toutes les fenêtres VELUX Nouvelle Génération sont classées dans la meilleure catégorie émissions dans l'air intérieur : A+.

Plus esthétique

La fenêtre évolue. Le studio scandinave Jacob Jansen Design revisite l'esthétique de la fenêtre VELUX en redessinant la barre de manœuvre. Le clapet de ventilation a également été redessiné en le rendant plus fin, sans compromis sur le débit d'air. A l'extérieur, les ingénieurs se sont plus particulièrement attachés à améliorer l'intégration de la fenêtre à la toiture en réduisant la surface du capot extérieur désormais et en rendant les profilés plus fins et arrondis. Les vis apparentes disparaissent pour une ligne plus fluide. Les raccords encastrés permettant à la fenêtre d'être «à fleur de couverture» sont disponibles dans toutes les configurations de toiture (à partir de 20° de pente seulement).

Plus pratique

La nouvelle génération s'intègre dans la domotique. La fenêtre VELUX INTEGRA® obéit désormais au doigt et à l'œil grâce à une commande tactile facilitant le quotidien avec des scénarii de vie pré-programmés comme la ventilation, la protection solaire, l'ouverture du matin pour être agréablement réveillé par la lumière du jour ou la sécurité de la maison en cas de longue absence… Et en cas d'averses, ces fenêtres sont équipées d'un détecteur de pluie pour se refermer automatiquement.

** Source et hypothèses:*
- Etude CSTB de l'évaluation de la perception de l'environnement lumineux intérieur/comparaison entre ancienne et nouvelle configuration de fenêtre de toit VELUX/ Décembre 2012
- Comparaison de l'environnement lumineux créé par deux fenêtres 114x118 cm dans une même pièce de 15,6m², pente de toit 50° (local clair)
- Facteur d'agrandissement d'espace calculé par ciel couvert 10 000 Lux; vue sur l'ensemble de la pièce avec fenêtre en périphérie du champ de vision

VELUX®

Le soleil protège de l'hyperactivité

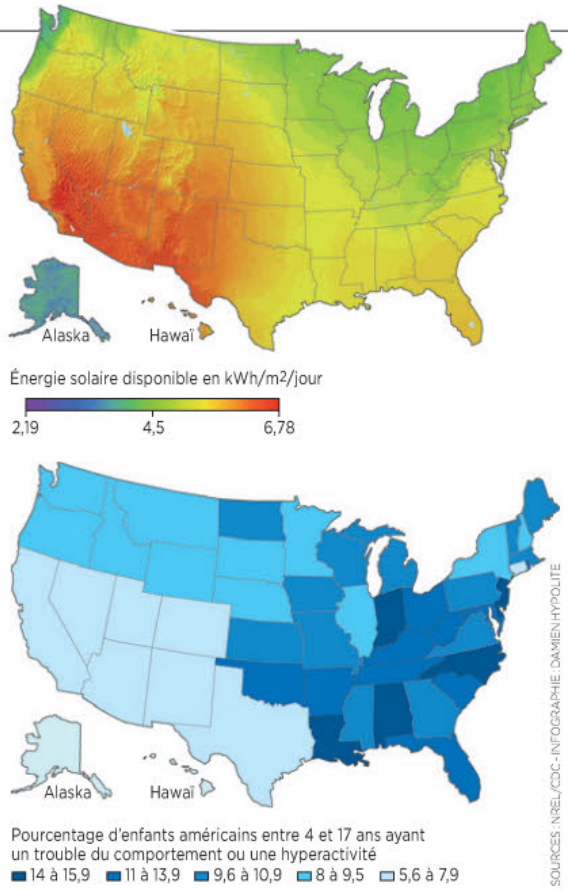
Le manque d'exposition à la lumière pourrait expliquer de nombreux cas de troubles du comportement.

PHYSIOLOGIE Des chercheurs néerlandais et américains ont comparé la carte de la fréquence du trouble de l'attention/hyperactivité (TDAH) et celle de l'intensité solaire dans dix pays, dont les États-Unis et la France. *« Nous avions un modèle théorique, selon lequel les hyperactifs qui souffrent pour beaucoup de difficultés d'endormissement, étaient influencés par le rythme circadien (correspondant à un cycle de vingt-quatre heures)*, explique Martijn Arns, de l'Institut de recherche Brainclinics, à Nimègue. *Nous avons constaté une parfaite similitude entre les cartes ! »*

Selon Martijn Arns, le TDAH serait lié, pour un sous-groupe du moins, à des troubles du sommeil générant des difficultés de vigilance et de concentration diurnes, liés eux-mêmes à un manque de lumière naturelle.

« On sort de moins en moins la journée. Et le soir, on utilise de plus en plus des outils modernes comme les tablettes, les ordinateurs ou les smartphones, qui émettent une lumière bleue perturbant l'horloge biologique. Alors que ceux qui bénéficient d'une haute intensité lumineuse sont moins sujets à la TDHA, ils sont comme protégés. »

E. S.



SOURCES : NREL/CDC - INFOGRAPHIE : DAMIEN HYPOLITE

TOYOTA PRÉSENTE

Les 15 ans de l'hybride Toyota

TOYOTA PRIUS+ | TOYOTA PRIUS / PRIUS RECHARGEABLE | TOYOTA AURIS HYBRIDE | TOYOTA YARIS HYBRIDE

Consommations l/100 km (normes CE) : Prius+ > cycle mixte de **4,1** à **4,4**. Émissions de CO_2 (normes CE) : cycle mixte de **96** à **101 g/km** (A à B). Prius > cycle mixte de **3,9** à **4,0**. Émissions de CO_2 (normes CE) : cycle mixte de **89** à **92 g/km** (A). Prius Rechargeable > cycle mixte de **2,1**. Émissions de CO_2 (normes CE) : cycle mixte de **49 g/km** (A). Auris Hybride > cycle mixte de **3,8** à **3,9**. Émissions de CO_2 (normes CE) : cycle mixte de **87** à **91 g/km** (A). Yaris Hybride > cycle mixte de **3,5** à **3,7**. Émissions de CO_2 (normes CE) : cycle mixte de **79** à **85 g/km** (A). Données homologuées.

TOYOTA FRANCE - 20 bd de la République, 92420 Vaucresson - SAS au capital de 2 123 127 € - RCS Nanterre B 732 034 040 - SIA/TCSE & SIA/TCSI - école

À VOIR SUR TABLETTE

PNAS

Les spermatozoïdes se déplacent au flair

REPRODUCTION Les spermatozoïdes se dirigent dans les voies génitales en suivant une hormone féminine. En effet, le flagelle qui propulse le spermatozoïde se met en action après l'ouverture d'un canal calcium à sa surface. Or celui-ci est activé par la progestérone. Donc tant qu'ils trouvent de la progestérone, les gamètes mâles avancent. Ce qui explique pourquoi des mutations de ce canal entraînent une stérilité masculine.

SOURCE : JAMES SMITH, UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE (ÉTATS-UNIS).

100 MILLIONS DE DOLLARS
pour le Brain Project américain

NEUROLOGIE Quelques mois après les Européens, les Américains se lancent à leur tour dans la cartographie du cerveau humain. Le président des États-Unis Barack Obama vient, en effet, de lancer l'initiative BRAIN (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies), dotée de 100 millions de dollars comme mise de départ. L'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), leader du consortium Human Brain Project (HBP), qui a reçu l'an passé de la Commission européenne un milliard de dollars sur dix ans pour créer la première simulation numérique du cerveau humain (*lire* S. et. A. *n° 790, décembre 2012*), s'intéresse de près à cette annonce. *« Le projet Obama semble s'orienter plutôt vers une cartographie fonctionnelle du cerveau dans l'optique de pouvoir créer une sorte d'encyclopédie à la fois descriptive et fonctionnelle*, affirme Emmanuel Barraud, de l'EPFL. *Il entend développer des outils à même de capter des signaux cérébraux à une résolution spatiale et temporelle particulièrement fine, et étudier aussi les flux et changements moléculaires à l'intérieur du cerveau. Tous ces efforts pourront notamment servir à alimenter la base de données qui constituera le cœur du modèle développé par le HBP.* » Pas de rivalité affichée donc. *« Cette initiative ne peut que nous réjouir*, poursuit Emmanuel Barraud, *puisqu'elle générera de grandes quantités d'informations de première qualité.* » Reste aux Instituts nationaux de la santé américains (NIH) à définir plus clairement les objectifs scientifiques du projet et au Congrès à valider l'enveloppe budgétaire. **E. S.**

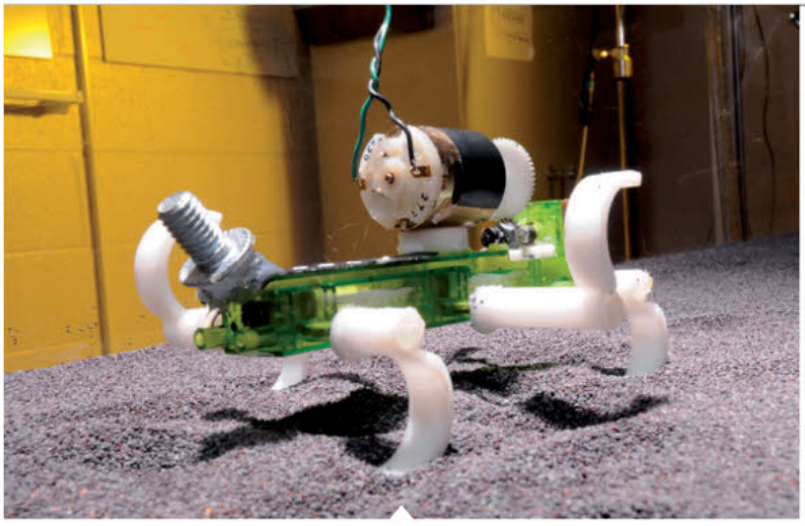
LES 15 BONNES RAISONS DE PASSER À L'HYBRIDE TOYOTA

1 Profitez d'un **Bonus Écologique** jusqu'à **5 000 €**(1)
2 Rejoignez **5 millions** d'utilisateurs dans le monde
3 Appréciez son **silence** en mode 100 % électrique
4 Reposez-vous sur la **garantie 5 ans** du système « Full Hybrid »(2)
5 Laissez la technologie hybride recharger la batterie de votre véhicule de façon **autonome**
6 Comptez sur la **fiabilité** du système « Full Hybrid »(2)
7 Consommez **0 % d'essence** et émettez **0 % de CO_2** en mode **100 % électrique**
8 Roulez en « **Made in France** »(3) avec la Yaris Hybride, élue **Voiture Verte** de l'année 2012(4)
9 **Économisez** sur les coûts d'entretien et d'utilisation
10 Faites-vous plaisir avec une conduite **fluide et zen**
11 Conduisez un véhicule qui ne rejette pas **de particules** Diesel
12 Découvrez l'hybride qui vous correspond, de la **citadine au monospace**
13 Choisissez un véhicule recommandé par **100 % de ses utilisateurs**(5)
14 Profitez, selon les régions(6), de la **gratuité** de la carte grise
15 Bénéficiez de l'expérience du **pionnier** et **leader** de l'automobile hybride

TOYOTA

TOUJOURS MIEUX
TOUJOURS PLUS LOIN

(1) Bonus Écologiques gouvernementaux accordés sur les véhicules particuliers neufs combinant l'énergie électrique et une motorisation à l'essence ou au gazole émettant jusqu'à **110 g/km** de CO_2, acquis et facturés ou pris en location (avec option d'achat ou pour une durée d'au moins 2 ans) à partir du **1er janvier 2013** pour les véhicules hybrides dont les émissions de CO_2 sont comprises entre **61 g/km** et **110 g/km**, le Bonus Écologique accordé est de 10 % **du coût d'acquisition TTC du véhicule**, dans la limite de **2 000 €** au minimum et de **4 000 €** au maximum. Pour les véhicules hybrides dont les émissions de CO_2 sont comprises entre **21 g/km** et **50 g/km**, le Bonus Écologique accordé est de 20 % **du coût d'acquisition TTC du véhicule**, dans la limite de **5 000 €** au maximum. **Le coût d'acquisition TTC du véhicule** s'entend déduction faite de toutes remises, rabais, déductions ou avantages (dont aides à la reprise, le cas échéant) consentis par le vendeur cf. décret n° 2012-1545 modifiant le décret n° 2007-1873 pour connaître les conditions et modalités détaillées du Bonus Écologique, sous réserve de publication de tout texte d'application et/ou texte modificatif. (2) Full Hybrid = Totalement hybride. (3) Made in France = Fabriquée en France. (4) Prix décerné par l'AFPA. (5) Selon étude NCBS de 2012, sur Prius. (6) Liste consultable sur www.ants.interieur.gouv.fr/siv/317-Cout-de-la-carte-grise-et-taxe.html. **Plus d'informations sur toyota.fr**



CHEN LI, TINGNAN ZHANG, DANIEL GOLDMAN

Les membres en « C » permettent un déplacement très rapide sans s'enfoncer.

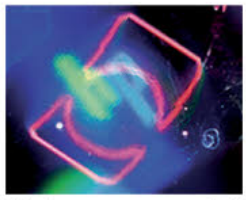
Des pattes artificielles pour courir sur le sable

En s'inspirant de la marche des lézards, des chercheurs ont mis au point un robot capable de se mouvoir sur les sols meubles.

CYBERNÉTIQUE Si les insectes ou les lézards se déplacent facilement sur des sols mous, alors il doit être possible de concevoir des pattes artificielles pour donner la même capacité à un robot. Telle a été l'idée émise par des chercheurs du Georgia Institute of Technology d'Atlanta aux États-Unis. Pour définir la « morphologie » d'une telle patte, ils ont mesuré les forces qui s'exercent lorsque les membres s'enfoncent et s'extraient du sable selon leur forme et leur orientation. Ils en ont conclu que ce sont des pattes en « C » qui permettent d'aller le plus vite. Leur robot à six pattes a ainsi atteint les 2,6 km/h à raison de cinq mouvements par seconde. Seule contrainte, il ne peut se déplacer efficacement que dans un seul sens, avec le C qui repose au maximum sur le sable (et non la pointe qui s'enfonce). Une piste pour éviter d'assister à des scènes telles que l'enlisement du robot Spirit à la surface de Mars en mai 2009 ? **C. M.**

La 3D sans lunettes fait un bond en avant

TECHNOLOGIE Visionner des écrans 3D sans lunettes, c'est peut-être ce que va permettre une nouvelle technologie basée sur la diffraction. Elle pallie le principal défaut des techniques actuelles qui consistent à diffuser un couple d'images de la même scène avec deux angles de vue, dont l'écart est proportionnel à l'écartement entre les deux yeux du spectateur : de fait, un simple déplacement de la tête et les yeux ne voient plus la bonne image, annulant l'effet



KAE HAN TAN

3D. Le nouveau procédé multiplie le nombre d'images envoyées (jusqu'à 64), soit autant de points de vue différents. Même si la tête bouge, les yeux captent un autre point de vue et l'effet 3D est maintenu (ci-dessus, le logo de HP diffusé avec cette technique). **O. H.**

SOURCE : DAVID FATTAL, HEWLETT PACKARD, PALO ALTO, ÉTATS-UNIS.

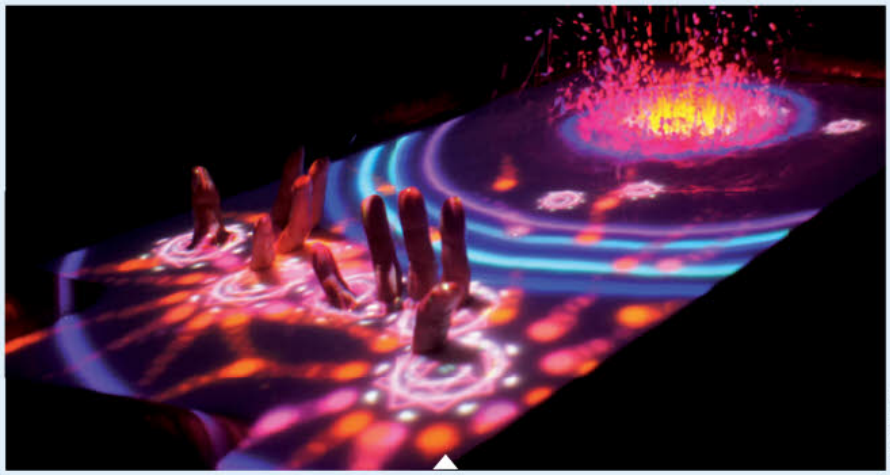
Le CO_2 capturé à la sortie des centrales à charbon

ENVIRONNEMENT Les centrales à charbon seraient moins polluantes si l'on capturait le CO_2 qu'elles génèrent et si on le stockait, plutôt que de le laisser se disperser dans l'atmosphère. Un prototype de centrale de 25 kWh, qui a été testé pendant 200 heures, met cette idée en œuvre faisant appel au principe de « combustion par boucle chimique ». Il consiste à séparer la production de chaleur, par oxydation d'un métal en présence d'air, de la production de CO_2, lorsque le métal est régénéré grâce au charbon. Les chercheurs ont annoncé que 90 % de ce dernier ont été consommés, produisant du CO_2 pur à 99,5 %. **C. M.**

SOURCE : SAMUEL BAYHAM, UNIVERSITÉ DE L'OHIO, ÉTATS-UNIS.

LA BAIGNOIRE TRANSFORMÉE EN TABLETTE

ÉLECTRONIQUE Comme il est dangereux de jouer avec sa tablette tactile dans sa baignoire, des étudiants japonais de l'université d'électro-communication de Tokyo ont conçu le bain tactile. Les images sont projetées sur la surface de l'eau par un projecteur surplombant la baignoire. On peut alors jeter des boules de feu virtuelles sur son petit canard flottant. Ou encore visionner des photos, les faire défiler, les agrandir en les faisant glisser sur l'eau avec le bout des doigts. **O. H.**



LAVAL VIRTUAL

Jeu vidéo à la surface de l'eau : les doigts dirigent des « missiles » pour détruire des cibles.

Profitez de nouveau de vos samedis !

Profitez à nouveau de vos week-ends grâce à TANGO E5, notre solution de tonte automatique. Vous pouvez désormais confier l'entretien de votre pelouse à un expert pendant que vous vous consacrez aux aspects plus importants de votre vie.

JOHN DEERE

- Fonctionnement automatique pour une pelouse toujours entretenue
- Fertilisation naturelle de la pelouse grâce au mulching
- Conception de qualité pour des performances soutenues
- Installation et assistance par un concessionnaire spécialisé

TANGO E5

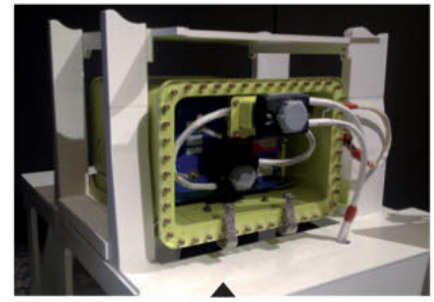
smart tool – smart solution

JohnDeere.com

C355.1 FRE

Des batteries sécurisées pour le Dreamliner

AÉRONAUTIQUE Boeing met les bouchées doubles afin que les autorités américaines autorisent à nouveau ses 787 Dreamliner à voler. Les 50 avions en service sont en effet cloués au sol depuis début janvier à la suite de deux feux sur leurs batteries lithium-ion *(lire* S. et A. *n° 793, mars 2013)*. Pas de changement de technologie en vue mais trois sécurités supplémentaires. Tout d'abord, la fabrication va être davantage surveillée pour écarter d'éventuelles cellules de batterie défaillantes. Deuxième niveau, des isolants électriques et thermiques envelopperont chaque cellule, afin que la défaillance de l'une ne se propage pas aux autres. Enfin, la batterie sera entourée d'une enveloppe en acier inoxydable pour éviter qu'un feu ne se propage à la soute. **C. M.**

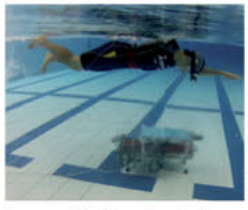


BOEING

Une enveloppe d'acier entoure la batterie pour éviter la propagation du feu.

Un robot maître-nageur

TECHNOLOGIE Il sera bientôt possible d'apprendre à nager ou de perfectionner sa technique en venant à la piscine avec un robot. Swimoid glisse au fond du bassin, sous le nageur, filme les mouvements et projette l'image sur un



LAB REKIMOTO

écran. L'idée vient d'un ancien maître-nageur, aujourd'hui chercheur à l'université de Tokyo. Avec ce robot, le nageur constate ses défauts mais reçoit aussi des instructions en temps réel pour les corriger. Le concept devrait être prochainement adapté pour les plongeurs en apnée. **C. M.**

La plus grande centrale solaire du monde

D'une puissance de 100 mégawatts, Shams 1 alimentera en électricité 20 000 foyers d'Abu Dhabi.

MAX PPP

258 000 miroirs ont été montés sur 768 collecteurs.

ÉNERGIE Les Émirats arabes unis ont inauguré la plus grande centrale solaire au monde, Shams 1, d'une superficie de 2,5 km² et d'une puissance de 100 mégawatts. La technologie utilisée est le thermodynamique à concentration : la chaleur du soleil est captée par des miroirs creux et envoyée vers des tubes contenant une huile de synthèse. Celle-ci réchauffe la vapeur d'un générateur à turbine, ce qui produit de l'électricité. **L. H.**

L'APPLI QUI RÉDUIT LES BOUCHONS

TRANSPORTS Une application pour smartphone permet de réduire de 20 % les embouteillages et la consommation de carburant : l'exploit est signé Honda. Le constructeur japonais est parti du constat que les bouchons sont majoritairement dus aux freinages et aux accélérations brusques. En aidant le conducteur à ajuster sa vitesse à celle des autres, on devrait pouvoir éliminer une partie des ralentissements à la source. D'où l'idée d'indiquer, par un changement de couleur du téléphone, si la vitesse est adaptée ou non aux voitures situées devant. L'application a été testée entre septembre 2012 et février 2013 à Jakarta en Indonésie. **C. M.**

Photo : Christophe Abramowitz

Retrouvez
Marie-Odile Monchicourt dans sa chronique
Du côté des étoiles
Chaque samedi à 15 h 55, 15 h 20 et 22 h 55

En partenariat avec
SCIENCES ET AVENIR

france info
france-info.com

récylum

Éco-organisme à but non lucratif

RECYCLER SES LAMPES, TOUT LE MONDE S'Y MET.

Posterscope agency - Récylum : RCS Paris B 482 323 946 - © - 2013 Licensed through I.M.P.S (Brussels) - www.smurf.com

Vous aussi, déposez-les en supermarché, magasin de bricolage ou déchèterie.

Ce geste simple préserve les ressources naturelles et évite les risques de pollution. En effet, une fois collectées, les lampes sont intégralement traitées, puis recyclées.

Il n'y a aucune raison de ne pas vous y mettre !

Pour trouver un point de collecte :

www.malampe.org

Psycho stimulants

À la recherche des molécules qui tonifient le cerveau

Ces produits censés rendre intelligent sont de plus en plus plébiscités, en particulier par les étudiants. « Sciences et Avenir » a mené l'enquête. Résultat ? Peu d'effets cognitifs et beaucoup d'effets indésirables.

Dossier réalisé par
Rachel Mulot et Elena Sender

C'est un sujet tabou en France : à l'approche des examens, les étudiants consomment des « stimulants intellectuels », ces produits naturels ou molécules stupéfiantes censés décupler les facultés cognitives (concentration, mémoire, vigilance, apprentissage...). Les services d'urgences enregistreraient d'ailleurs à cette période des pics d'admission dus aux abus. Mais aucune étude n'a jamais été menée sur le sujet dans l'Hexagone. Aux États-Unis, en revanche, le phénomène est bien documenté : on estime que 8 à 35 % des étudiants prennent des stimulants. Une pratique à haut risque étant donné le potentiel de dépendance physique et psychologique de ces substances, aussi important que celui de la cocaïne selon la Drug Enforcement Administration. Une étude conduite par l'université du Michigan (Monitoring the Future, 2012) montre qu'entre 2009 et 2012, 64,2 % des étudiants se sont vu

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

En partenariat avec Europe 1

En période d'examen, un pic de 24 % d'amphétamines en plus a été détecté dans les eaux usées d'un dortoir de 500 étudiants américains

Un étudiant sur cinq a recours à des psychostimulants avant les examens selon une étude de l'Observatoire français de la vie étudiante.

fournir un médicament psychostimulant par un ami ou un parent. 46,1 % l'ont acheté par l'intermédiaire de l'ami d'un proche, 19,9 % l'ont acquis auprès d'un « dealer », 16,6 % se le sont fait prescrire et 6,3 % se le sont procuré sur Internet. En Europe, seule une expertise collective de l'Inserm, publiée en 2012, sur les médicaments psychotropes permet de se faire une idée de la consommation d'un médicament détourné comme psychostimulant, le méthylphénidate (Ritaline), originellement prescrit pour les troubles de l'attention : *« Sa consommation a été multipliée par cinq,* affirme Marie Lapeyre-Mestre, pharmaco-épidémiologiste à l'université de Toulouse et coauteure de l'expertise. *Tous pays d'Europe confondus, nous sommes passés de 0,3 DDJ (dose définie journalière) en 2002 à 3 DDJ en 2010. Nous sommes encore loin derrière les États-Unis (7,6 DDJ), mais la France et l'Europe connaissent la même évolution avec dix ans de retard.* »

Qui n'a jamais rêvé en effet d'une pilule qui le rendrait immédiatement plus performant intellectuellement, sans effets indésirables ? *« Si elle existe, je la prends tout de suite !* sourit Hervé Chneiweiss, directeur du département Neurosciences de l'Institut de biologie Paris-Seine (Inserm, CNRS et univer-

LE + NUMÉRIQUE
Tchat événement : lundi 29 avril, de 11 h 30 à 12 h 15, le neurobiologiste Hervé Chneiweiss répondra aux questions des internautes sur les psychostimulants en direct sur **sciencesetavenir.fr**

sité Pierre-et-Marie-Curie), l'un des très rares spécialistes français à s'être intéressé à la question. *Mais je juge pour ma part les "smart pills"* [de "smart", élégant et intelligent] *très décevantes.* » *(Lire p. 39.)*

Nous avons donc mené l'enquête : ces molécules sont-elles vraiment efficaces, et sans danger, pour booster nos capacités cognitives... ou s'agit-il d'une escroquerie ? Sur Internet, on trouve une foule de conseils, de produits à acheter, et des commentaires qui oscillent entre enthousiasme (« *avec cette pilule, je suis comme le lapin Duracell* ») et grave déconvenue (« *après plusieurs mois, je devenais insomniaque et parano* »). Qu'en est-il scientifiquement ? Pour le savoir, nous avons épluché une littérature aride pour identifier les substances existantes, comprendre leur mode d'action et leurs effets, évaluer aussi leur rapport bénéfice/risque. Nous sommes partis des substances légales, faciles d'accès, peu chères, peu nocives jusqu'aux substances prescrites, puis illégales et de plus en plus dangereuses. Nous avons également fait le tri entre celles qui sont le mieux documentées et celles dont les effets sont peu ou pas démontrés, pour les effets cognitifs du moins. C'est le résultat de ce patient travail de défrichage que nous proposons ici.

J.Y. DEFOUX/OUEST FRANCE/PQR/MAXPPP

VITAMINES, OMÉGA 3, GUARANA...

Sans danger mais sans grands effets démontrés

L'Efsa, l'Autorité européenne de sécurité des aliments, a épluché les allégations nutritionnelles et de santé. Verdict : les vitamines « *contribuent à des fonctions psychologiques normales et neurologiques normales* », et les oméga 3 — tout comme les autres acides gras — « *contribuent au maintien et au bon fonctionnement du cerveau* » *(lire* S. et A. *n° 782, avril 2012)*. C'est tout ce qui est démontré actuellement. Pour les plantes, comme le *Bacopa monnieri* ou le *Gingko biloba*, le mystère reste en revanche entier : leur examen par l'Efsa est en suspens, et aucune étude ne permet d'en connaître les effets véritables. Une exception cependant : le guarana qui « *accroît la vigilance et l'attention* » à partir de 75 mg, selon une unique étude.

CAFÉINE

Efficace pour effectuer des tâches simples

Une étude de juin 2012 montre que « *100 milligrammes de caféine (une tasse d'espresso très serré en recèle 70 mg en moyenne) activent les circuits neuronaux correspondant à la mémoire de travail, c'est-à-dire la mémoire activée temporairement pour une tâche cognitive* », explique Elissa Klaassen, de l'université de Maastricht (Pays-Bas). Idéal pour réaliser un calcul mental simple par exemple. Mais, à bien lire cette étude, « *ses effets seraient négatifs en cas d'effort intense comme la résolution d'un casse-tête ou d'un problème de maths* », analyse Hervé Chneiweiss. Inutile donc de boire des litres de café pour réaliser un travail complexe.

BOISSONS ÉNERGISANTES

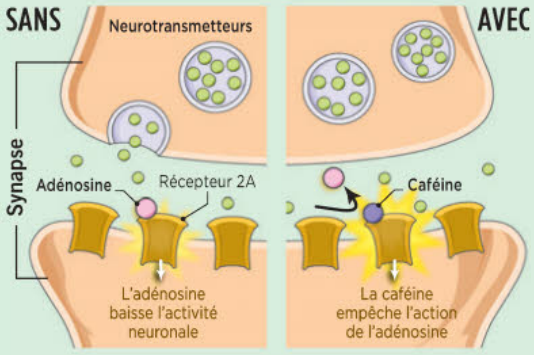
Risques cardiaques en cas d'abus

Après avoir usé du Guronsan (mélange vitamine C/caféine), les jeunes abusent aujourd'hui de boissons énergisantes — parfois en complément du café et de l'alcool — à la réputation usurpée. L'Efsa est en effet formelle : la taurine qu'elles contiennent — un acide aminé à la réputation flatteuse —

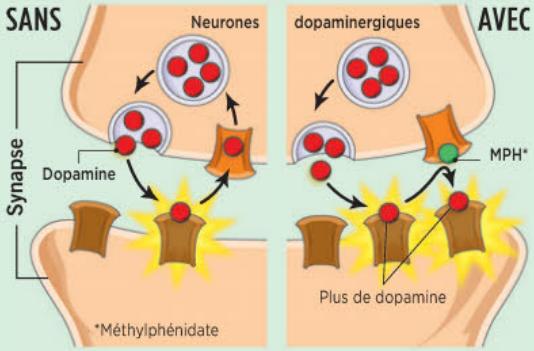
PROCESSUS BIOCHIMIQUES

Trois voies pour doper le cerveau

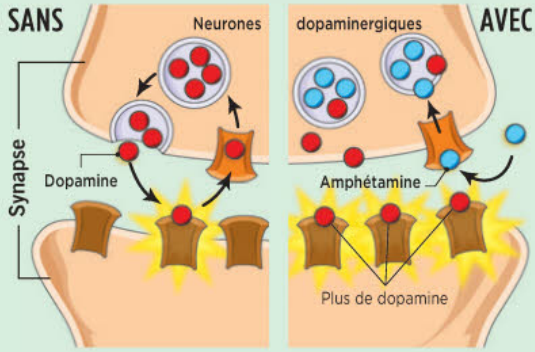
Le mode d'action spécifique des trois psychostimulants les plus utilisés.



La caféine Pendant l'éveil, l'adénosine, produite par les neurones, se fixe sur les récepteurs 2A des synapses, ralentissant l'activité neuronale. La caféine neutralise l'adénosine en bloquant ces récepteurs.

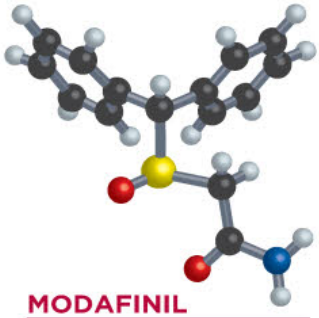


Le méthylphénidate Il augmente le taux de dopamine au niveau des synapses, en bloquant les transporteurs permettant sa recapture. Une concentration élevée de dopamine stimule les neurones.



Les amphétamines Elles augmentent le taux de dopamine au niveau des synapses, en prenant la place des molécules de dopamine dans les neurones.

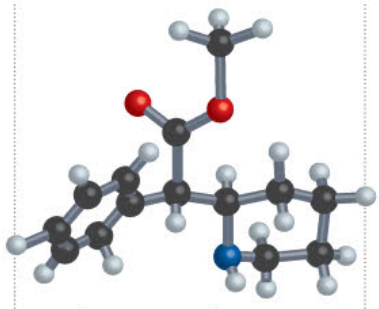
BETTY LAFON



MODAFINIL

Provigil, Modiodal

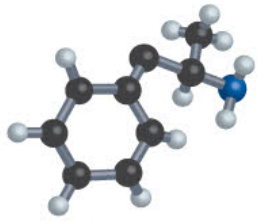
Sur ordonnance Prescrit pour la narcolepsie avec catalepsie, une maladie génétique rare qui se manifeste par des accès de sommeil irrépressibles avec chute de tonus musculaire.



MÉTHYLPHÉNIDATE

Ritaline, Concerta

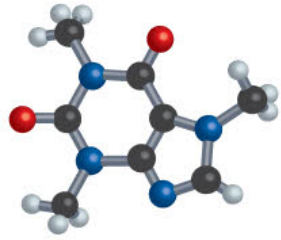
Sur ordonnance Utilisé pour traiter le syndrome du déficit de l'attention/hyperactivité chez les enfants, la narcolepsie chez l'adulte.



AMPHÉTAMINES

Adderall, Dexedrine

Illicites Classées parmi les stupéfiants en France. Certaines sont prescrites pour les troubles de l'attention aux États-Unis (Adderall) ou la narcolepsie (Dexedrine, Dexamine).



CAFÉINE

Café, thé, Red Bull, Guronsan

Tous commerces, pharmacie L'effet éveillant de la caféine est avéré. Mais il ne faut pas associer plusieurs produits qui en contiennent car la surdose est néfaste pour les performances.

EFFETS SUR DES ADULTES SAINS

MODAFINIL	MÉTHYLPHÉNIDATE	AMPHÉTAMINES	CAFÉINE
Vigilance/éveil : élevé	**Éveil :** moyen à élevé	**Vigilance/éveil :** élevé	**Éveil :** élevé
Attention, concentration : modéré	**Capacité de réflexion (fonctions exécutives) :** aucun	**Attention :** aucun	**Attention :** moyen à élevé
Mémoire (de travail et à court terme) : modéré	**Mémoire :** modéré (spatiale), élevé (à long terme)	**Mémoire :** moyen (visio-spatiale) selon les sujets	**Mémoire :** moyen (de travail)
Capacités de réflexion : modéré à élevé selon les études. Les effets s'épuisent en cas d'insomnie en trois ou quatre jours.	**Effets indésirables** Insomnies, dépendance psychique, troubles de l'humeur et du comportement (hallucinations).	**Capacité de réflexion :** aucun à modéré selon les sujets	**Capacité de réflexion (fonctions exécutives) :** aucun
Effets indésirables Anxiété, insomnies, comportements agressifs, maniaques et/ou suicidaires.		**Effets indésirables** Dépendance psychique, insomnies, nervosité, comportements agressifs, hallucinations, dépression, psychoses.	**Effets indésirables** En cas d'abus, crises de tachycardie, anxiété, insomnies, troubles de l'humeur.

SY.-VIE DAOUDAL

n'a « *pas d'effet sur les fonctions cognitives ni sur la santé mentale* ». En revanche, elles contiennent de 80 à 200 mg de caféine par canette. Or la caféine augmente le rythme cardiaque et, prise en trop grande quantité, peut entraîner de graves troubles. « *La moitié des overdoses de caféine survenues aux États-Unis depuis 2007 sont liées à ce type de boissons, très mal réglementées* », estime Sara Seifert, de l'université de Miami (États-Unis). Résultat : comportements à risques, crises d'angoisse, insomnies… voire décès lors d'efforts sportifs. Ces cas sont scrutés par la FDA aux États-Unis et par l'Anses en France qui doit rendre son rapport en juin.

MODAFINIL

Stimulant dans l'instant, délétère à long terme

Molécule prescrite pour la somnolence excessive ou la narcolepsie — une maladie génétique rare touchant une personne sur un million — le modafinil est devenu une « star » chez les étudiants et les cadres sous pression. « *Des milliers de personnes parviennent à se le faire prescrire pour des formes non génétiques de la maladie… qui n'existent pas* », affirme Hervé Chneiweiss. Car il a des effets stimulants avérés. Des études sur les rats (Ishizuka, 2003) ont montré que le modafinil augmente de 150 % la sécrétion d'histamine, l'un des neurotransmetteurs qui contrôle le système veille/sommeil.

De nombreux autres travaux, sur l'homme cette fois, ont montré qu'il maintient la vigilance de pilotes dans des simulateurs d'hélicoptères durant trente-six heures (Caldwell, 2000) et les performances cognitives chez des adultes sains pendant cinquante-quatre heures et demie (Wesentern, 2002), il stimule l'attention, la planification spatiale et le temps de réaction (Turner, 2003) et améliore la mémoire de travail pour des tâches difficiles (Müller, *Neu-*

ropharmacology, 2013). La pilule idéale ? Las ! une étude récente (Lafuente, 2011) montre que la prise de modafinil diminue la capacité à corriger ses erreurs lors de remémoration à long terme. « *Personne n'a montré que le modafinil, drogue des traders, était responsable du dernier krach boursier. Mais lorsqu'on voit en laboratoire que les sujets qui prennent cette molécule ne corrigent jamais leurs erreurs, c'est inquiétant pour notre économie* », critique le professeur Hervé Chneiweiss. Par ailleurs, les chercheurs pointent une élévation de l'anxiété et de l'agressivité après la prise de 100 mg. Plus grave, la Haute Autorité de santé constate, elle, un risque suicidaire sans pour autant le quantifier.

MÉTHYLPHÉNIDATE

Améliore la mémoire, mais pas la réflexion

Ce dérivé d'amphétamine, classé en France comme stupéfiant, est prescrit chez les enfants atteints de troubles de l'attention et d'hyperactivité (TDA/H) qu'elle calme en augmentant le taux de dopamine dans le cerveau. Depuis 2004, la molécule a une nouvelle indication, la narcolepsie chez l'adulte, car elle entraîne sur le cerveau adulte l'effet inverse de celui provoqué chez l'enfant : loin de calmer, elle stimule !

Depuis cette date, sa consommation explose. « *Elle se vend sous le manteau* », confirme le professeur Nicolas Simon, du service d'addictologie de Marseille. Or ses effets avérés sur la cognition sont faibles. Une méta-analyse (Repantis, 2010) montre, certes, une amélioration de la mémoire, mais ne pointe aucun effet sur les fonctions exécutives (réflexion, planification...) ni sur l'attention.

HYGIÈNE DE VIE

Les bénéfices du sport et de l'alimentation

Un exercice physique régulier améliore les fonctions exécutives de la mémoire tandis que les sucres renforcent l'attention.

Plutôt que d'avaler des molécules, il existe des approches plus « saines » pour doper son cerveau, en commençant tout simplement par l'exercice physique ! Celui-ci a un effet bénéfique reconnu sur la cognition (Van Uffelen, 2008) chez les adultes et les enfants en âge d'être scolarisés (perception, intelligence, habileté verbale et mathématiques) (Siebler, 2003). Et particulièrement... l'aérobic ! Cette gymnastique tonique améliore l'attention, la vitesse de traitement de données, les fonctions exécutives et la mémoire... mais pas la mémoire de travail, selon une méta-analyse (Smith et al, 2010). Une étude britannique (Dregan, 2013) montre enfin que les troubles de la mémoire sont diminués de 30 % chez les hommes et de 25 % chez les femmes qui font régulièrement du sport ou de l'exercice. Leurs auteurs recommandent donc 150 minutes d'exercice par semaine. Autre approche, les sucres : les hydrates de carbone à index glycémique élevé — à hauteur de 130 mg/jour — contribuent en effet au maintien et au bon fonctionnement du cerveau selon l'Efsa. À nous le pain, les céréales, les pâtes, le riz, l'orge, les pommes de terre, les lentilles, les légumineuses... Quelques minutes après ingestion, le glucose qu'ils

R. B. LEVINE/NEWSCOM/SIPA

Pratiquer l'aérobic a des effets positifs sur la mémoire et l'attention, selon une étude récente.

contiennent améliorerait l'attention (Benton, 1994), le temps de réponse (Owens, 1994), la mémoire de travail (Scholey, 2001), et cela que le taux de départ du glucose dans le sang soit élevé ou faible (Owen 2012, Jones et al 2012). L'effet le plus prononcé concerne la mémoire déclarative, celle qui stocke et récupère toutes les données sous forme verbale (Smith, 2012). Pour les autres fonctions de la mémoire, les résultats sont les mêmes, que le « shoot » de glucose ait eu lieu avant ou après l'apprentissage. *In fine*, le meilleur « coup de fouet » serait une tasse de café bien sucrée selon la toute dernière méta-analyse menée par une équipe internationale en 2012 (Martin Dresler et al, *Neuropharmacology*).

Deux points de vue contrastés

Nous avons interrogé deux scientifiques sur l'usage des psychostimulants. L'un en souligne les dangers, tandis que le second plaide pour un usage raisonné.

P. MALAVAL

PR HERVÉ CHNEIWEISS

DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT NEUROSCIENCES DE L'INSTITUT DE BIOLOGIE PARIS-SEINE (INSERM, CNRS, UPMC)

« On court après une illusion »

Faut-il se méfier des psychostimulants ?

On s'inquiète des OGM, d'une manipulation des consommateurs et on est prêt à prendre n'importe quelle molécule chimique, qui va agir directement sur le cerveau, pour le seul profit des groupes pharmaceutiques. Attention : les études sur leurs effets sont rares, menées sur de faibles effectifs, le plus souvent sur des animaux et pas sur des humains. De plus, elles sont faites dans le même esprit que les tests sur les cosmétiques : non pour vérifier une éventuelle toxicité, mais pour voir si elles tiennent leurs promesses marketing. Et les chercheurs du public ont trop peu de moyens pour réaliser des études. On court après une illusion, un leurre.

Pourquoi parlez-vous de « neurocosmétique » ?

Depuis que l'homme existe, il utilise fards, poudres, drogues... Le désir d'être — selon les canons de la société — beau, performant correspond à une dimension humaine. Au lieu de travailler, de peiner sur les apprentissages, on voudrait prendre l'équivalent d'une crème de beauté intellectuelle pour donner l'impression d'avoir réussi. Mais, pour reprendre Michel Foucault, *« a-t-on le courage de la vérité ? »*. C'est une question de société. S'améliorer réellement, c'est devenir plus humain. À quoi bon gagner un dixième de seconde au détriment de sa santé ? Apprendre tout Shakespeare en une après-midi mais risquer de développer une maladie neurologique, alors que les dangers de certaines molécules ne sont pas documentés, cela en vaut-il la peine ?

Certains psychostimulants peuvent-ils aider les plus défavorisés ?

Soigner des enfants autistes ou des malades d'Alzheimer est une bonne chose. Ce n'est pas pareil que de vouloir booster toujours plus ses performances, ou corriger des anomalies sociales. Mais proposer une pilule à 50 centimes aux plus défavorisés, c'est moins cher que de faire travailler des psychologues ou de prendre des mesures pour remédier à des inégalités liées à un environnement difficile. Mais une fois l'effet de la pilule disparu, les problèmes perdurent. ■

Propos recueillis par R. M.

DR

DR JEAN-ARTHUR MICOULAUD-FRANCHI

PSYCHIATRE, CHU SAINTE-MARGUERITE, MARSEILLE*

« Informer plutôt que d'interdire »

Existe-t-il un bon usage des psychostimulants ?

Nous avons étudié l'usage de méthylphénidate en dehors de la prescription médicale, pour un étudiant sain. Dans ce cas, il faut connaître les effets — positifs mais aussi négatifs — du produit que l'on veut prendre et fixer la durée d'utilisation envisagée, qui ne doit pas excéder quelques jours. Au-delà, l'organisme s'épuise et on peut avoir l'illusion d'un maintien de performances de qualité alors que celles-ci sont diminuées. Cela peut mener à des conduites à risques. Si, en revanche, on recherche une performance de qualité sur du long terme, les stratégies hygiéno-diététiques demeurent les plus efficaces *(lire p. 37)*.

Les Anglo-Saxons prônent un « libéralisme cognitif », de quoi s'agit-il ?

C'est le fait de permettre au plus grand nombre d'accéder à une amélioration cognitive par différents moyens (*neuroenhancement* ou *doping* cérébral), associée à une pratique individuelle, libre, éduquée et responsable de la consommation de psychotropes. Et pourquoi pas ? Au lieu d'interdire, ne vaut-il pas mieux légaliser et informer sur les techniques de *neuroenhancement* en s'inspirant du modèle de la réduction des risques qui a notamment montré son efficacité dans le domaine des addictions ?

Pourquoi est-on si réticent en France ?

C'est paradoxal. La France est le pays qui consomme le plus de psychotropes (pour dormir notamment), bien souvent en dehors d'indications médicales établies, et le phénomène est largement toléré. Alors que la consommation de psychotropes pour maintenir sa vigilance, essayer d'augmenter ses performances ou son bien-être en l'absence de maladie relève du tabou. Mais, ne caricaturons pas, même aux États-Unis il y a des passes d'armes entre les pro et les anti. Cependant, la discussion a, là-bas, le mérite d'avoir lieu. ■

Propos recueillis par E. S.

* « PEUT-ON PRESCRIRE DES PSYCHOSTIMULANTS CHEZ UN ÉTUDIANT SAIN ? EXEMPLE D'UN CAS CLINIQUE » (*THÉRAPIE* 2012).

Ces résultats sont confirmés par Jean-Arthur Micoulaud-Franchi, psychiatre au CHU Sainte-Marguerite, à Marseille, qui a publié un cas clinique en janvier 2012. *« Nous avons accepté d'en fournir deux cachets par jour pendant cinq jours à un étudiant en médecine de 24 ans. Le méthylphénidate n'a pas augmenté sa concentration. Il n'a fait que supprimer l'état de fatigue.* » Or, les effets secondaires peuvent être terribles : agitation, insomnies, problèmes de violence selon plusieurs analyses.
Certains questionnent même le rôle que ce type de médicaments pourrait avoir joué dans les tueries en milieu scolaire — comme celle de Columbine aux États-Unis — pays où il est très largement prescrit comme un « égaliseur social » pour aider les enfants défavorisés à l'école. *« Les psychiatres ont toute une palette de médicaments comme la Ritaline pour lutter contre les troubles de l'attention*, commente Jeffrey London, psychiatre dans le Michigan et spécialiste de ces questions. *Mais le plus commun est l'Adderall, qui comprend quatre sels d'amphétamines.* » Celui-ci est aussi couramment prescrit pour l'amélioration cognitive.

AMPHÉTAMINES

L'illusion d'être plus performant

Populaires dans les forces armées depuis la Seconde Guerre mondiale, les amphétamines ont conquis les campus. Ce sont des agonistes de la dopamine, un neurotransmetteur dont elles stimulent les récepteurs. Une méta-analyse (Smith et Farah, 2011) pointe des résultats contradictoires. En 2013, des chercheurs de l'université de Pennsylvanie ont soumis 46 volontaires, ayant reçu 20 mg d'amphétamines ou un placebo, à une batterie de tests. Résultat : seule la confiance en soi est augmentée, la plupart des participants estimant — à tort ! — que leurs performances s'étaient améliorées après la prise d'amphétamines. *« C'est le même effet que celui produit par la cocaïne, qui donne l'illusion d'être plus intelligent »*, commente Hervé Chneiweiss.
Par ailleurs, l'effet semble dépendre du niveau de départ du sujet. Ainsi, seuls les individus ayant une faible mémoire de travail voient leurs performances s'améliorer. Les autres stagnent ou régressent. De plus, la réponse aux amphétamines serait liée au bagage génétique de chacun. On n'observe pas d'amélioration notable en général, excepté chez les porteurs d'une forme particulière d'un gène qui code pour l'enzyme qui dégrade la dopamine. Ces résultats confortent des études plus anciennes (Egan, 2001 et Mattay, 2003) montrant qu'augmenter le taux de dopamine par des amphétamines accroît les performances de mémoire de travail chez les porteurs de cet allèle, mais les dégradent chez les autres ! Mieux vaut s'abstenir donc, d'autant que les amphétamines provoquent anxiété et insomnie et pourraient être responsables de passage à l'acte (accès de violence, suicides...). ■

RECHERCHE

Les molécules de demain en préparation

Les laboratoires testent de nouveaux médicaments pour des maladies telles qu'Alzheimer. Ils pourraient être détournés comme psychostimulants.

Si la pharmacopée actuelle n'offre aucune recette miracle pour démultiplier ses capacités, de nombreux autres psychostimulants seraient déjà en préparation dans les laboratoires pharmaceutiques internationaux, selon une étude parue dans la revue *Neuropharmacology* (2013). Ces molécules sont actuellement à l'essai pour soigner des maladies cérébrales telles qu'Alzheimer ou la schizophrénie et pourraient bien, à l'avenir, être détournées pour être utilisées sur des personnes saines. Leurs principes actifs seraient en effet en mesure d'améliorer les performances cognitives, la vigilance, l'attention ou la mémoire. Depuis longtemps, les étudiants savent puiser dans la pharmacie des seniors, comme ils faisaient avant pour le Nootropyl. Ian Ragan et son équipe de la London School of Economics and Political Science ont ainsi passé en revue les dernières données disponibles sur les molécules en cours d'étude dans les dix plus grands groupes pharmaceutiques. Huit d'entre elles se démarquent et sont à l'essai chez l'homme, dont deux en phase III (dernière étape avant la demande d'autorisation de mise sur le marché). C'est-à-dire qu'elles devraient être disponibles — si les résultats sont positifs —, d'ici à cinq ans. Le médicament la plus avancé est le preladenant (laboratoire Merck) pour lutter contre la maladie de Parkinson. Son mode d'action consiste — un peu comme la caféine — à bloquer les récepteurs à adénosine du cerveau. Le second est le bitopertin (laboratoires Roche) pour réduire certains symptômes de la schizophrénie. Elle repose sur un mode d'action inédit, en inhibant la recapture de la glycine et donc en augmentant son taux dans les neurones. Cela permet de réguler la transmission du glutamate, neuromédiateur excitateur dans le cerveau. Toutefois, rien ne prouve à ce jour que des molécules efficaces chez des malades auront un effet chez les sujets sains. Ni que compenser un déficit équivaut à augmenter une propriété normale.
« Un bon environnement est le meilleur des stimulants, avertit Hervé Chneiweiss. *Avec des molécules, le risque est de voir les individus de plus en plus performants mais de plus en plus isolés socialement. Mieux vaut stimuler les interactions entre humains... et donc mieux vaut une bonne tasse de café ! Le plus fort, le plus important avec ce breuvage, c'est le rite social qui regroupe les gens autour de la machine à café.* » D'ailleurs, pour boucler à temps leur article, les auteures n'ont bu que des espressos.

POUR EN SAVOIR PLUS

Quelques études clés

Caféine
www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22728314

Boissons énergisantes
http://2doc.net/gvr7g

Modafinil et cognition non verbale
www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22820554

Quatre principes à retenir sur les psychostimulants

Avant de consommer ces substances, il faut être vigilant sur la durée de la prise et la réelle efficacité du produit.

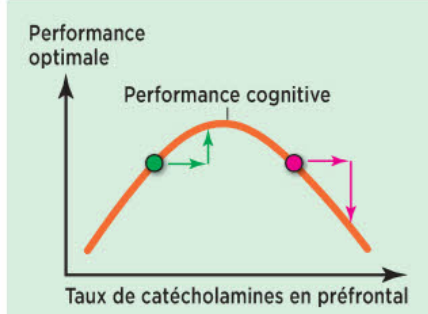
Trop de stimulation tue la stimulation

Ce principe important vaut pour tous les psychostimulants : au-delà d'un certain seuil, l'effet positif sur les performances mentales s'inverse ! Décrit entre autres en 2007 par le chercheur Reinoud de Jongh, de l'université d'Utrecht (Pays-Bas), cet effet suit une courbe dite en U inversé. Pourquoi ? La plupart des psychostimulants induisent dans la région préfrontale du cerveau une augmentation du taux de neuromédiateurs de type catécholamines (adrénaline, dopamine) qui stimulent les fonctions mentales. Or, les performances cognitives seraient optimales uniquement lorsque la concentration de catécholamines est intermédiaire. Elles seraient en revanche altérées lorsque le niveau est trop élevé. De plus, certaines capacités — comme accomplir des tâches répétitives — peuvent être améliorées par une dose de psychostimulant alors que d'autres — des tâches créatives — sont au contraire altérées.

Il y a peu d'effets pour les cracks

Plus grand est le niveau cognitif de « départ », moins élevée sera l'efficacité des psychostimulants. Selon l'étude de l'université d'Utrecht, l'amélioration aux tests neuropsychologiques avec les psychostimulants est, en effet, liée au niveau cognitif de base. Par exemple, des individus ayant une mémoire de travail faible vont s'améliorer en prenant des agonistes des récepteurs de la dopamine (prescrits pour la maladie de Parkinson) alors que des sujets avec une bonne capacité mnésique ne ressentiront rien, voire verront leurs performances baisser !

De même, les effets positifs du méthylphénidate (Ritaline) sur la mémoire spatiale sont plus prononcés chez les sujets peu performants. Ou encore, le modafinil améliore davantage l'attention chez les sujets aux plus faibles QI. En conclusion, les auteurs de l'étude notent qu'il est difficile d'augmenter la performance cognitive chez des sujets présentant déjà un haut niveau de performance (effet plafond). Les cracks peuvent donc s'abstenir.



La performance est maximale quand le taux de catécholamine est à un niveau médian.

BETTY LAFON

L'effet n'est positif qu'à court terme

« *Les psychostimulants peuvent être efficaces, mais uniquement sur une courte période*, affirme Jean-Arthur Micoulaud-Franchi, psychiatre au CHU Sainte-Marguerite à Marseille, qui a publié un cas clinique en janvier 2012. *Et surtout pour des tâches simples et répétitives. Si cela maintient l'éveil, il n'a jamais été montré, en revanche, qu'un étudiant qui prenait des psychostimulants réussissait mieux aux examens.* » Au-delà de quelques jours, il y a un risque d'épuisement confirme notamment son étude.

Une dépendance peut s'installer

Les psychostimulants peuvent entraîner un phénomène de tolérance : il faut augmenter de plus en plus les doses pour obtenir les mêmes effets. Par ailleurs, pour calmer l'anxiété et les insomnies provoquées par les psychostimulants, les étudiants consomment en parallèle des benzodiazépines ou de la marijuana. C'est ce que montre le suivi depuis 2009 d'étudiants américains (45 449 sujets en 2012), réalisé par l'université du Michigan. Or, ces mélanges peuvent favoriser les malaises, provoquer des modifications comportementales voire des manifestations agressives.

Surtout « *les mélanges peuvent accélérer la perte de contrôle, le passage d'un usage occasionnel, de routine, vers un usage abusif, favorisant ainsi la dépendance* », estime Susanna Visser, épidémiologiste des Centers for Disease Control and Prevention à Atlanta, spécialiste de la santé mentale et du comportement neurologique des enfants. *Pis, quand on cesse les prises, les amphétamines entraînent confusion, hallucinations, activités motrices de jour comme de nuit, phase de dépression physique et psychique, pertes de sommeil et donnent envie de consommer davantage de drogues "apaisantes"* ». ■

FONDATION POUR LA RECHERCHE MEDICALE

Soutenez la recherche sur le cancer avec la Fondation pour la Recherche Médicale

En France, le cancer touche 365 500 personnes par an. Le plus fréquent est le cancer de la prostate chez l'homme (71 000 cas) et le cancer du sein chez la femme (53 000 cas). En 2011, on estime à 147 500 le nombre de personnes décédées. Le cancer est toujours la première cause de mortalité prématurée, il concerne chacun d'entre nous.

Les progrès de la recherche permettent actuellement de guérir un cancer sur deux. Les chercheurs travaillent sur de nouvelles pistes prometteuses de recherche dont, entre autres, l'immunothérapie. Destinée à renforcer nos défenses naturelles ou à les aider à mieux cibler les cellules cancéreuses pour les éliminer, l'immunothérapie recèle d'immenses potentialités. Les chercheurs ont, en effet, montré que la stimulation du système immunitaire, dans le cadre du traitement des cancers, renforçait l'efficacité des traitements classiques (chimiothérapie, radiothérapie, chirurgie).
La Fondation pour la Recherche Médicale fait de la lutte contre le cancer une de ses priorités. Elle soutient activement ces recherches ; pour poursuivre son action, elle a besoin de vous.

DON en CONFIANCE comitecharte.org

Pour que la recherche avance, votre soutien est indispensable

FONDATION RECHERCHE MÉDICALE

Depuis 66 ans, la Fondation pour la Recherche Médicale soutient la recherche médicale dans tous les domaines. Son Conseil scientifique composé de 32 chercheurs de haut niveau, représentant toutes les disciplines médicales et scientifiques, sélectionne les projets qui seront soutenus.
Chaque année, la Fondation finance plus de 750 recherches. Elle agit grâce à la générosité de plus de 400 000 donateurs réguliers qui, par leurs dons et legs, lui permettent d'agir en toute indépendance.
En choisissant d'être à ses côtés vous agissez pour votre santé et celle de vos proches et vous jouez un rôle essentiel dans le maintien, en France, d'une recherche de très haut niveau.

FONDATION POUR LA RECHERCHE MÉDICALE, 54 RUE DE VARENNE 75007 PARIS - www.frm.org
Fondation reconnue d'utilité publique, habilitée à recevoir des dons, legs, donations et assurances-vie

Coupon à retourner à **Fondation pour la Recherche Médicale**

Je fais un don de.....
☐ Je souhaite orienter ce don sur la recherche sur le cancer ou ☐ Je fais ce don pour l'ensemble des actions de la Fondation
☐ Je souhaite en savoir plus sur l'immunothérapie

PPRSA1131

Nom : ..... Prénom : .....
Adresse : .....Code postal : .....
Ville : ..... Téléphone : .....

Conformément à la loi du 6/01/1978, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux informations vous concernant, en vous adressant à la Fondation. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. Si vous ne le souhaitez pas, vous pouvez cocher la case ci-jointe. ☐

Astéroïdes

3 solutions pour éviter le cataclysme

La Commission européenne vient de lancer un programme de défense pour tenter de protéger la Terre d'un impact dévastateur.

Par Sylvie Rouat

L'ÉVÉNEMENT FERA DATE. Le 15 février 2013, dans la région de Tchéliabinsk, en Russie, les habitants ont vu filer dans le ciel une boule de feu. Puis, il y a eu trois flashs aussi éblouissants qu'une explosion nucléaire, avant que l'onde de choc ne secoue la ville, faisant voler en éclats toutes les vitres et blessant environ 1500 personnes. L'énergie relâchée par ces explosions équivalait à environ 30 fois celle de la bombe atomique de Hiroshima. « *C'est la guerre !* » ont pensé quelques habitants. Une guerre céleste. Il s'agissait en effet de la désintégration dans le ciel d'un « petit » astéroïde de 18 mètres de diamètre et d'une masse de quelque 10 000 tonnes tombé dans l'atmosphère à 64 000 km/h environ. Ce même jour, l'astéroïde 2012 DA14, de 30 mètres de diamètre environ, frôlait la Terre à 28 000 kilomètres, soit une distance inférieure à celle des satellites géostationnaires.

« *Même si une telle coïncidence est extrêmement rare, et l'éventualité d'une collision avec la Terre tout aussi rare, les conséquences d'un tel impact seraient les plus dramatiques jamais expérimentées par notre civilisation,* affirme Alan Harris, du Centre aérospatial allemand (DLR). *Et puisque toute l'humanité en serait affectée, nous devons agir de manière globale pour tenter de nous en protéger.* »

SPL/COSMOS

La chute d'un astéroïde (vue d'artiste) aurait anéanti 90 % des espèces vivantes il y a 252 millions d'années.

C'est ainsi que, dès 2011, à une époque où la Nasa tirait la sonnette d'alarme en prédisant un impact avec l'astéroïde Apophis en 2036 — éventualité écartée depuis —, l'Union européenne a décidé de poser les premières pierres d'un système de défense. Dans son viseur : les corps supérieurs à 100 mètres et inférieurs à un kilomètre d'envergure — les plus inquiétants à court terme. Depuis 1998, en effet, la Nasa a mis en œuvre le programme Spaceguard, qui a recensé à ce jour 95 % des astéroïdes géocroiseurs — qui coupent l'orbite de la Terre – de plus de un kilomètre d'envergure. Par chance, selon les calculs, aucun d'entre eux ne devrait nous heurter dans le siècle à venir. Les objets plus petits, eux, sont peu étudiés, plus difficiles à détecter. Et pourraient n'être repérés que quelques mois, voire quelques semaines, avant la collision. L'idée est donc de dresser à l'avance un « catalogue » de solutions adaptées à tous les types de situation prévisibles, dans lequel il ne resterait plus qu'à puiser pour élaborer en urgence une parade. Raison pour laquelle l'Union européenne a décidé d'élaborer un « manuel de secours », baptisé NEOShield en sélectionnant une proposition d'Alan Harris : celui-ci coordonne désormais un groupe international de chercheurs et d'ingénieurs issus de 13 centres partenaires (universités, centres de recherche et industriels) appartenant à six pays (Allemagne, France, Royaume-Uni, Espagne, Russie et États-Unis). Quatre millions d'euros ont été alloués pour cette étape de conception de trois solutions réalisables dans un futur proche.

Échelle de risque selon la taille du géocroiseur

50 m
(dégâts locaux) : tous les 1000 à 2000 ans

140 m
(dégâts à l'échelle régionale) : tous les 30 000 ans

300 m
(dégâts à l'échelle continentale) : tous les 100 000 ans

1 km
(dégâts à l'échelle globale) : tous les 700 000 ans

10 km
(extinction de masse) : tous les 10 millions d'années

L'objectif est d'anticiper la menace suffisamment tôt

La première piste explorée nécessite que l'on ait découvert la menace suffisamment tôt. On va d'abord positionner un satellite en orbite autour de l'astéroïde afin de le cartographier, estimer sa masse, son inertie, etc. Ces données connues, un second engin, appelé impacteur cinétique, est expédié à grande vitesse vers l'astéroïde et entre en collision avec lui en un point précisément calculé, afin de

PHOTOS : ASTRIUM/2012

1 L'impacteur cinétique

Après étude de la structure et de la composition de l'astéroïde par un premier satellite, un impacteur est envoyé à la vitesse de 36 000 km/h en un point précisément calculé. Cette violente pichenette, censée créer un cratère d'impact, doit dévier l'objet céleste de sa trajectoire.

2 L'attracteur gravitationnel

Un satellite est mis en orbite autour de l'astéroïde. Grâce au lien gravitationnel qui lie tout couple d'objets ayant une masse dans l'espace, il attire à lui l'astéroïde et le déroute. Une solution réservée à des corps peu massifs, faute de lanceurs capables d'emporter un très gros satellite.

3 L'attaque nucléaire

Une solution de dernier recours, pour écarter un objet très dangereux découvert au dernier moment. Une charge nucléaire pulvériserait le corps menaçant ou exploserait à distance de manière à ce que le souffle de l'explosion le dévie.

DLR

« Il n'y a pas de doute qu'un gros astéroïde frappera la Terre un jour. La question c'est : quand ? »

Alan Harris Centre aérospatial allemand, coordinateur du projet de recherche NEOShield

dévier sa trajectoire. Des études de simulation numérique d'impact sont menées à l'observatoire de Haute-Provence par l'astronome Patrick Michel. « *Nous essayons de caractériser l'efficacité de dérivation après l'impact. Lorsqu'on heurte un objet, cela crée des éjectas qui vont dans un sens, rejetant l'astéroïde dans l'autre sens et le déviant ainsi de sa trajectoire. Nous allons étudier toutes les structures d'astéroïdes connues et voir quels types d'engins réussissent à les dévier.* » La difficulté pour cet engin sera de toucher l'objet à la vitesse de 36 000 km/h avec une précision de l'ordre de un mètre. Pour Erwan Kerandal, responsable du projet chez Astrium (filiale d'EADS spécialisée dans les satellites et lanceurs spatiaux), le défi est de taille, « *mais nous maîtrisons les technologies de base grâce aux arrimages réalisés par le cargo spatial européen sur la Station spatiale internationale : nous obtenons une précision de l'ordre du centimètre alors que le cargo arrive à 27 000 km/h* ».

La deuxième solution, baptisée attracteur gravitationnel, consiste à envoyer un gros satellite autour de l'astéroïde avec lequel il va se lier gravitationnellement, la dynamique de ce couple déviant alors le géocroiseur de sa trajectoire. Ce concept est étudié aux États-Unis. « *Il faut cependant que le satellite soit suffisamment massif,* précise Patrick Michel. *Or, on ne sait pas expédier un objet très gros dans l'espace, Sans compter qu'il n'est pas facile de lier gravitationnellement deux objets !* » Et de citer l'exemple de la sonde japonaise Hayabusa qui, en 2005, a dû lutter trois mois contre la faible gravité de l'astéroïde Itokawa pour parvenir à en prélever quelques poussières.

Notre planète se situe au milieu d'un champ de tir

La troisième option, l'attaque nucléaire, ne devrait être appliquée qu'en dernier recours, si l'on détecte le danger au dernier moment. Une option risquée. « *Il faut s'assurer que l'on ne va pas briser l'objet en morceaux, qui tomberaient en plusieurs endroits sur la Terre* », note Patrick Michel. Il faut donc doser la charge pour pulvériser l'objet. À moins de la faire exploser à distance, de manière à ce que l'effet de souffle dévie sa trajectoire. Ce concept sera étudié par l'industrie russe. « *Cette solution est celle qui m'inquiète le plus,* reconnaît Patrick Michel. *Pour l'instant, nous étudions ces projets pour des objectifs nobles. Mais que se passera-t-il si les plans tombent dans de mauvaises mains ?* »

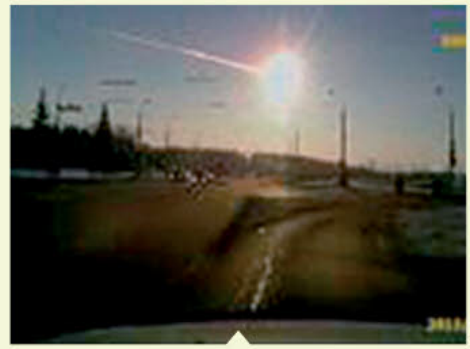
Reste les petits corps, ceux que l'on ne parvient pas à détecter, tel celui de Tchéliabinsk. « *Ce type d'objet d'environ 20 mètres de diamètre tombe en moyenne tous les siècles, le plus souvent au-dessus de zones non habitées. Il faut vivre avec ce risque susceptible de faire des dégâts à l'échelle d'une ville* », poursuit Patrick Michel. La Terre est en effet au milieu d'un champ de tir, avec une nuée de roches qui traversent régulièrement son orbite. « *Il n'y a pas de doute qu'un jour un gros astéroïde nous frappera,* affirme Alan Harris. *La question c'est : quand ? Dans le passé, les impacts majeurs ont profondément altéré le cours de l'évolution de la vie sur Terre. Aujourd'hui, nous avons les moyens de ne pas être à la merci d'une telle catastrophe naturelle.* » ■

L'atmosphère reste la meilleure protection

La plupart des petits corps rocheux qui chutent vers notre planète sont disloqués par les frottements à une altitude de 80 à 100 km avant d'atteindre le sol.

Le meilleur système de défense de la Terre contre les attaques des cailloux célestes est son atmosphère. Lorsqu'un petit objet entre dans cette couche gazeuse qui entoure notre planète, il est confronté à des frottements à l'altitude de 80 à 100 km, d'autant qu'il comprime l'air devant lui. Ces frottements échauffent l'air jusqu'à 1700 °C. Cet effet de freinage nécessite d'ailleurs que les vaisseaux qui rentrent dans l'atmosphère soient équipés de boucliers thermiques. Les molécules brûlantes et ionisées qui entourent le bolide l'abrasent, liquéfient et vaporisent sa matière jusqu'à lui en faire perdre quelque 90 %, provoquant un phénomène de traînée lumineuse.

La plupart des petits cailloux qui tombent sur la Terre sont ainsi dissipés. Le météore de Tchéliabinsk lui-même, avec une masse estimée à 10 000 tonnes quand il a approché le globe, ne faisait plus que quelques centaines de kilos quand il a explosé au-dessus de la ville. De plus, ce passage dans l'atmosphère peut entraîner la dislocation de l'objet, ce qui diminue d'autant sa dangerosité. Moins de 500 pierres de la taille d'une balle de tennis atteignent ainsi tous les ans la surface terrestre.


SIPA

Une traînée dans le ciel de Tchéliabinsk, frappée par une météorite, le 13 février dernier.

DAYLAC

GROSSISTE - DÉTAILLANT

ÉLECTROMÉNAGER

VOTRE ÉLECTROMÉNAGER AU PRIX DE GROS

Installation - Livraison - Garantie après vente

Daylac.fr

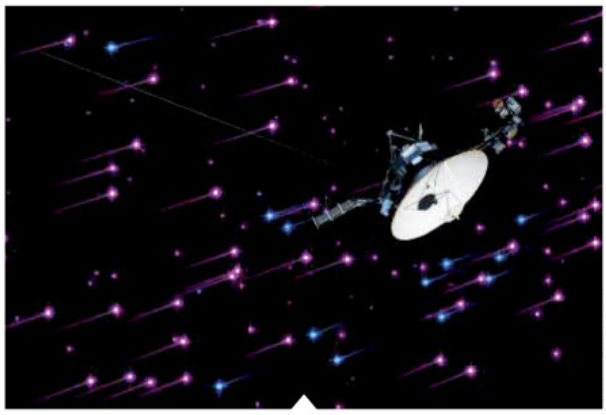
Notre métier, l'électroménager

PARIS 01.43.56.21.85 - *37, rue de Montreuil, 11e*
NANTERRE 01.47.24.20.11 - *Place de la Boule*
CAEN 02.31.35.22.22 - *ZAC de Coulomb, Mondeville*
LISIEUX 02.31.62.97.57 - *Pôle de l'Espérance*
LILLE 03.20.80.76.10 - *ZI de la Pilaterie*
REIMS 03.26.82.73.42 - *ZAC Murigny Sud*
ANGERS 02.41.34.96.16 - *ZAC St-Serge*

Voyager 1 aux confins du système solaire

La sonde américaine poursuit son odyssée spatiale et va être le premier engin de fabrication humaine à pénétrer dans l'espace intersidéral, à la rencontre d'autres étoiles.

Voyager 1 est aujourd'hui à plus de 122 unités astronomique (UA) du Soleil (soit 122 fois la distance Terre-Soleil), après un long voyage de trente-cinq ans. Jamais un objet fabriqué par l'homme n'avait été envoyé aussi loin dans l'espace : il est le premier à s'aventurer aux frontières du système solaire. La question de sa sortie ou non du système solaire, sujet de polémique, vient d'être relancée par la publication d'une étude de l'astronome américain Bill Webber dans *Geophysical Research Letters*.
Selon lui, la sonde, destinée au départ à explorer les planètes géantes Jupiter et Saturne, a franchi définitivement les frontières du système solaire fin août 2012. Dans un premier temps, Voyager 1 avait quitté l'héliosphère — à 70 à 100 UA — sorte d'immense bulle créée par les vents solaires : elle forme un champ magnétique qui est comme entortillé et refermé sur lui-même, dans lequel les particules de haute énergie émises par les vents solaires restent piégées. La sonde est ensuite entrée dans l'héliopause, cette région frontière au sein de laquelle la densité de particules émises par les vents solaires est en équilibre avec celles émises par la Galaxie *(voir l'infographie ci-contre)*. Ce qui a laissé penser à Bill Webber que Voyager 1 est finalement sortie du système solaire, c'est que le 28 août 2012 l'un des instruments embarqués a détecté une diminution brutale des particules de haute énergie d'origine solaire. Alors qu'au même moment, les particules de haute énergie produites par la Galaxie augmentaient. Autant d'indices laissant penser que la sonde avait pénétré le milieu interstellaire.
Mais aussitôt, la Nasa a publié un démenti par la voix d'Edward Stone lui-même, le « père » de Voyager, chercheur au Caltech de Pasadena (États-Unis). Selon lui et son équipe, la sonde est toujours dans notre système solaire. Depuis décembre, en effet, les chercheurs de la Nasa avancent même qu'elle est entrée dans une région jusque-là inconnue, baptisée « autoroute magnétique ». De quoi s'agit-il ? Les particules de haute énergie se déplacent de préférence le long de lignes magnétiques. *« Cette expression signifie que les lignes magnétiques, au lieu d'être tournées vers l'intérieur du système solaire, sont désormais ouvertes sur l'espace interstellaire »*, explique Rosine Lallement, spécialiste de l'héliosphère à l'observatoire de Paris-Meudon.



NASA/JPL-CALTECH

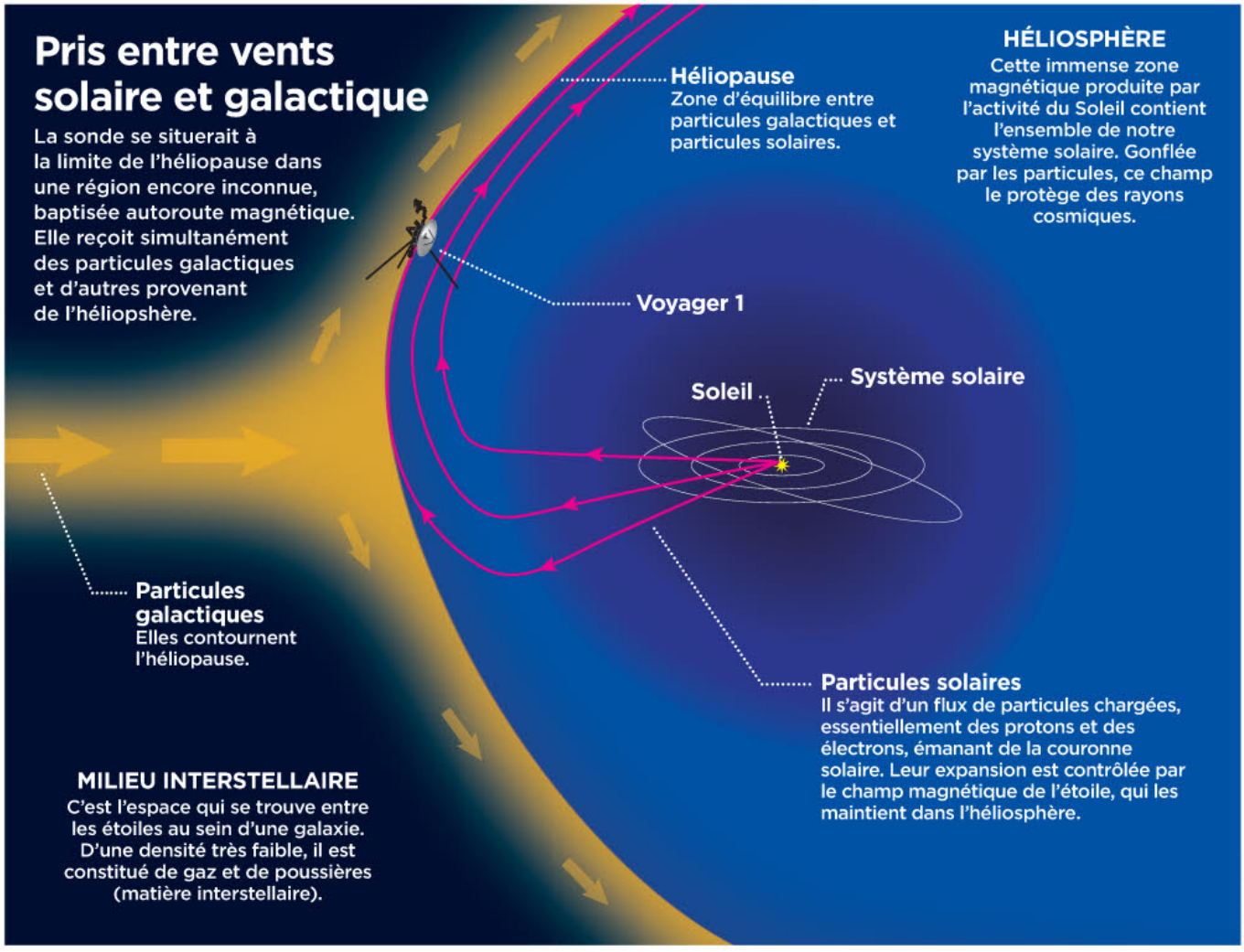
L'héliopause, limite magnétique de l'influence du soleil, a déjà été franchie par la sonde (vue d'artiste).

EXPLORATION PLANÉTAIRE

Un périple de trente-cinq ans

La durée de la mission Voyager a permis de recueillir de nombreuses observations et données sur les planètes.

En 1977, les sondes Voyager 1 et 2 sont lancées par depuis cap Canaveral, aux États-Unis. Comme elles sont destinées à s'éloigner du Soleil, elles fonctionnent avec des moteurs au plutonium 238. Voyager 1 a survolé Jupiter le 4 mars 1979 à une distance de 278 000 km. Voyager 2 lui a succédé le 10 juillet 1979 à une distance de 650 000 km. Puis elles se sont dirigées vers Saturne, qu'elles ont survolé respectivement le 12 novembre 1980 à 124 000 km et le 26 août 1980 à 101 000 km. Voyager 1 faisant de surcroît un détour vers la lune Titan, photographiée de près pour la première fois. Voyager 1 a alors plongé vers les confins du système solaire, tandis que Voyager 2 continuait à explorer Uranus, le 24 janvier 1986 à 107 000 km et Neptune le 24 août 1989 à moins de 5000 km ! Elle s'est ensuite échappée, elle aussi vers la frontière, de l'héliosphère.



SYLVIE DAOUDAL

Des particules provenant de l'héliosphère s'échappent par cette autoroute tandis que des particules galactiques de haute énergie arrivent jusqu'à elle *(voir l'infographie)*. Ce qui expliquerait que Voyager 1 soit aujourd'hui frappée par les deux types de particules simultanément, les unes et les autres se distinguant par leur niveau d'énergie — bien plus élevé pour les galactiques. À mesure que la sonde va continuer sa progression, les particules galactiques vont peu à peu surpasser les particules solaires jusqu'à occuper entièrement le milieu. Voyager 1 sera alors sans conteste dans le milieu interstellaire. Les chercheurs de la Nasa guettent surtout un autre indice qui indiquera, selon les modèles, son entrée définitive dans le milieu interstellaire : un changement de direction du champ magnétique environnant. Mais celui-ci se fait attendre. *« Reste que d'autres modèles n'excluent pas que cette rotation soit très progressive »*, remarque Rosine Lallement. Pour l'instant en tout cas, rien de tel n'a été observé.

Après 2025, toute communication cessera

Le faisceau de preuves n'étant pas réuni, les chercheurs restent prudents *« En fait*, conclut Rosine Lallement, *j'ai l'impression que personne n'a encore de vision claire de ce qui se passe. Pour ma part, je crois que la sonde est réellement passée dans le milieu interstellaire. »* Ou qu'elle n'est plus qu'à quelques encablures de cette frontière magique qu'aucun objet artificiel n'a jamais traversée auparavant. La sonde continuera alors sa route, seule, vers les étoiles. Mais sans envoyer de nouvelles, puisque d'ici à 2020, ses instruments vont être arrêtés les uns après les autres pour économiser au maximum l'énergie électrique fournie par les trois générateurs thermoélectriques à radio-isotope. Au-delà de 2025, nous perdrons donc toute communication. Et dans 40 000 ans, elle passera à proximité d'une autre étoile. ■

Sylvie Rouat

La vie foisonne sur le plancher océanique

Grâce à un laboratoire sous-marin robotisé, des chercheurs européens et japonais ont pu découvrir une intense activité microbienne à 11000 mètres de profondeur.

Non, le fond des abysses n'est pas stérile comme le disait le réalisateur américain James Cameron il y a un peu plus d'un an après être remonté, avec son bathyscaphe, de la fosse des Mariannes profonde de 10 994 mètres *(lire* S. et A., *n° 783, p. 17, mai 2012)* : la vie grouille même dans son sol ! Des océanographes européens et japonais, de l'Agence pour la science et la technologie de la mer et de la terre, l'affirment après avoir effectué des mesures et rapporté des échantillons de Challenger Deep, le point le plus bas de cette fosse située à l'est des Philippines.

Même si la température n'y dépasse pas les 2,5 °C et que la pression y est mille fois supérieure à celle qui règne à la surface, le sol se révèle tapissé d'une épaisse couche d'organismes microscopiques. Mais d'où viennent-ils ? *« Ces microbes proviennent de la pluie de débris qui descendent en permanence de la surface de l'océan, et on peut s'attendre à ce que ceux présents dans les couches les plus profondes soient les mieux adaptés aux conditions de vie extrêmes »*, répond Ronnie Glud, le chercheur danois à l'origine de la publication des résultats dans *Nature Geoscience*.

La découverte a été faite grâce à une plate-forme robotisée qui a stationné pendant plus de dix heures sur le site pour le filmer et faire plusieurs mesures dans le sol à l'aide de sondes ultrasensibles. Celles-ci ont décelé une consommation élevée d'oxygène jusqu'à une vingtaine de centimètres de profondeur, témoignant d'une intense activité microbienne. La forte teneur en oxygène n'a pas surpris les chercheurs, qui savent que même les fosses océaniques sont balayées par de vastes courants d'eau provenant des couches moins profondes.

L'ADN des microbes est en cours d'analyse

Cette présence de vie a ensuite été confirmée avec le comptage des microbes prélevés dans des échantillons de sol, révélant plusieurs millions de cellules microbiennes par centimètre carré jusqu'à au moins 40 cm de profondeur *« Il nous reste à identifier la nature de ces microbes*, ajoute Ronnie Glud. *Pour cela, nous sommes en train d'analyser l'ADN présent dans nos échantillons.* » De plus, l'analyse chimique du sol a révélé qu'il était riche en substances organiques d'origine végétale, source probable de nourriture pour ces micro-organismes.

Les microbes retrouvés pourraient bien être des bactéries semblables à celles récoltées ponctuellement par le robot japonais Keiko au cours de ses missions d'exploration entre 1996 et 2003 : il avait été le premier à remonter du sol de Challenger Deep des organismes unicellulaires appelés foraminifères.

F. NENZHOEFER

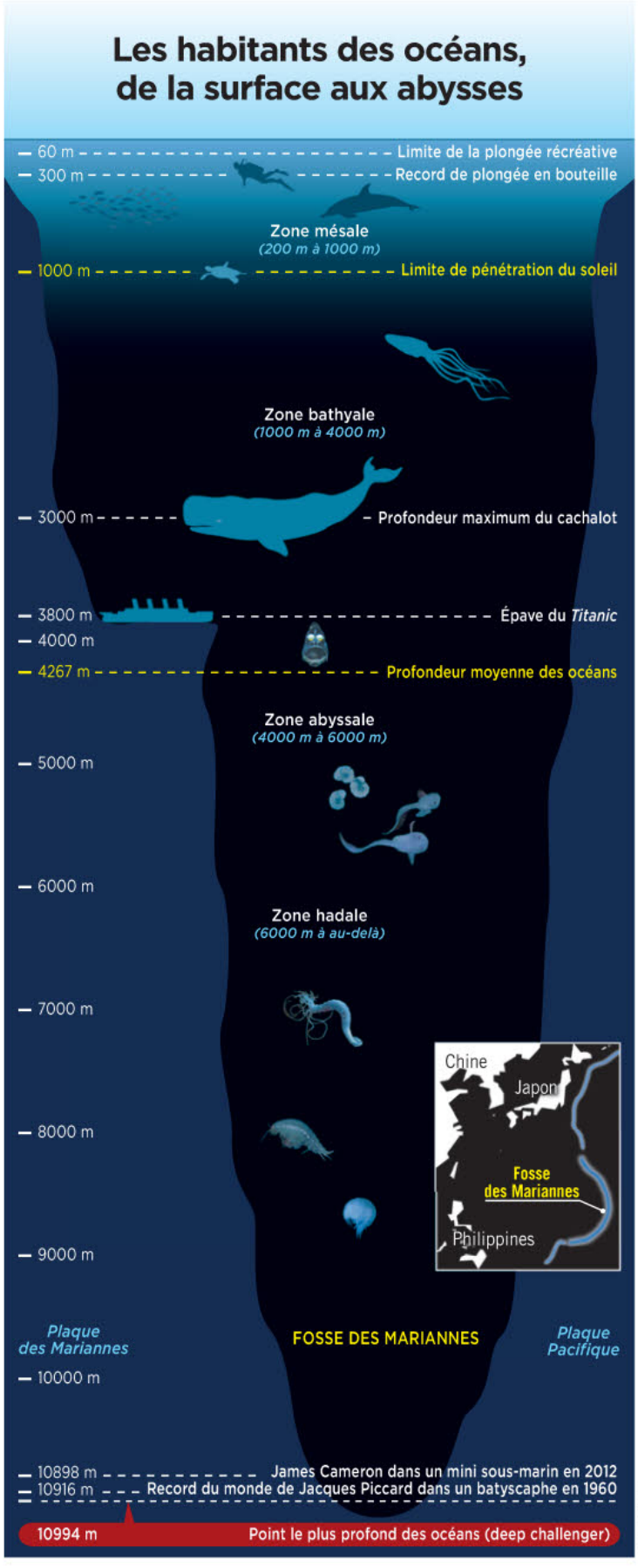
La plate-forme robotisée a été immergée durant une dizaine d'heures dans la fosse des Mariannes (océan Pacifique). Elle a filmé et prélevé des échantillons.

JAMSTEC

Challenger Deep, le point le plus bas de la fosse, où la température avoisine les 2,5 °C.

KITAZATO

Ces foraminifères vivants (taches foncées) ont été prélevés dans les sédiments de Challenger Deep.



Ceux-ci présentaient cependant la particularité d'être dépourvus de leur enveloppe typique en calcaire, car ce minéral se dissout entièrement à ces profondeurs. Mais cette fois, les prélèvements révèlent une abondance en micro-organismes insoupçonnée. Elle a d'autant plus surpris les chercheurs qu'ils avaient trouvé une activité microbienne beaucoup plus faible lors de prélèvements témoins effectués avec la même méthode à 6000 m de profondeur. L'explication pourrait se trouver dans le fait que la sédimentation est deux fois plus profonde au fond de la fosse : celle-ci agirait comme un piège pour la matière organique provenant des courants et des flancs.

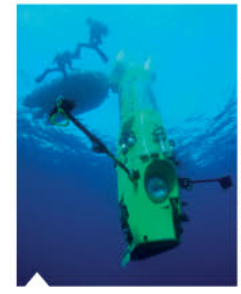
Aucune trace de poisson n'a été observée

Hormis des microbes, cette région hostile abrite-t-elle d'autres espèces vivantes ? De précédentes observations ont permis d'établir que des concombres de mer ou des crustacés ressemblant à des crevettes (des « amphipodes ») croisent dans les parages. Un amphipode, souvent géant en l'absence de prédateurs, se nourrit de matière organique y compris de bois. Il possède une enzyme unique capable de le digérer directement en glucose et qui se révèle deux fois plus efficace quand la pression atteint celle du fond de la fosse, preuve que l'adaptation aux grands fonds est allée jusqu'au niveau moléculaire.

En revanche, les poissons semblent totalement absents des grands fonds. Aucun n'a été aperçu lors des dix heures de prise de vues effectuées par la plateforme au cœur de ce paysage lunaire. Ce qui vient contredire l'annonce faite en 1960 lors de la première exploration humaine de Challenger Deep où Jacques Piccard à bord du bathyscaphe *Trieste* avait cru apercevoir un poisson plat. Depuis lors, aucun poisson n'a été observé à plus de 8,5 kilomètres de profondeur.

Pierre Kaldy

Cameron lègue son bathyscaphe à la science



M. THIESSEN/NATIONAL GEOGRAPHIC

Un an après avoir été le premier homme à descendre en solitaire au fond de la fosse des Mariannes, le réalisateur James Cameron a légué son bathyscaphe à l'institut océanographique américain Woods Hole. Baptisé *Deepsea Challenger*, il avait coûté environ 10 millions de dollars. Ses équipements seront démontés et utilisés sur des appareils autonomes.

ABERCROMBLIE

Un seul autre bathyscaphe était jusque-là descendu dans la fosse des Mariannes, le *Trieste*. Il avait emmené en 1960 le Suisse Jacques Piccard et l'Américain Don Walsh à 10 916 m de profondeur, soit 18 m plus bas que le point atteint par le réalisateur américain.

Une formidable diversité

12 fois par an, l'actualité des savoirs pour tous

N° 783 Méroé, l'Empire qui défia Rome

N° 784 Le ventre, notre 2e cerveau

N° 785 Pierres précieuses, science et fascination

N° 786 Boson de Higgs, la découverte du siècle

N° 787 Compléments alimentaires : danger

N° 788 Alzheimer. Ce serait une maladie infectieuse

N° 789 Découverte sur les géants

N° 790 Trous noirs errants

N° 791 Les Évangiles secrets

N° 792 Spécial vision

N° 793 L'expérience qui défie Einstein

N° 794 L'origine de l'Univers

Bon de commande

Je commande les numéros ci-après au prix de : **7 €** par numéro payable par chèque à l'ordre de Sciences et Avenir (port compris pour la France). Bon de commande à retourner à :
Sciences et Avenir
33, rue Vivienne, 75002 Paris.

❑ N° 783 ❑ N° 784 ❑ N° 785 ❑ N° 786
❑ N° 787 ❑ N° 788 ❑ N° 789 ❑ N° 790
❑ N° 791 ❑ N° 792 ❑ N° 793 ❑ N° 794

❑ HS N°167 ❑ HS N°168
❑ HS N°169 ❑ HS N°170
❑ HS N°171 ❑ HS N°172
❑ HS N°173 ❑ HS N°174

❑ **Commandez une reliure pour 12 numéros : 15 €**

Nom : . . . . . .
Adresse : . . . . . .
. . . . . Ville : . . . . . .
Code postal : . . . . . .

Et les hors-séries

HS n° 167 Nouvelles découvertes en Méditerranée

HS n° 168 Le pouvoir infini des mathématiques

HS n° 169 Qu'est-ce que l'Homme ?

HS n° 170 L'animal et nous

HS n° 171 50 îles, du mystère à la science

HS n° 172 La science à la conquête des 4 éléments

HS n° 173 Les origines de nos croyances

HS n° 174 Bien manger. La santé par le naturel

Le Boson et le chapeau mexicain

Gilles Cohen-Tannoudji et Michel Spiro, postface de Michel Serres, collection Folio essais, Gallimard, 532 p., 9,60 €

Attention, ce petit livre est un événement ! S'il fallait conseiller un seul ouvrage qui raconte la nouvelle histoire du monde, ce serait celui-là. Car la découverte du fameux boson de Brout-Englert-Higgs, annoncée au Cern en juillet dernier, a été la fin d'une quête de plus d'un demi-siècle confirmant le « modèle standard », qui rassemble toute notre compréhension actuelle de l'Univers. Avec beaucoup de talent, les auteurs retracent ce récit mais aussi le chemin long et sinueux pour y parvenir. C'est donc une histoire savoureuse et détaillée de la physique qui est présentée. Ils mettent ainsi en lumière l'immense œuvre collective de l'intelligence humaine pour appréhender cet impensable Tout, l'Univers dans sa globalité. Ce livre est donc à lire et à relire, mais surtout à consulter en permanence pour la qualité des explications et des réflexions qu'il apporte. ■ **Azar Khalatbari**

Partager la science, L'illettrisme scientifique en question

Collectif, collection Questions vives, Actes Sud/IHEST, 332 p., 27,95 €

C'est un paradoxe de notre société : l'exercice de la citoyenneté exige un haut niveau de culture scientifique alors que grandit le désamour entre le public et ce savoir. Pis, se développe un relativisme de bon aloi qui met sur le même plan un ressenti subjectif et une démonstration scientifique, *dixit* le physicien Étienne Klein. À travers les réflexions présentées dans cet ouvrage, le lecteur peut mesurer les difficultés de « *partager la science* » d'autant que « *l'Internet et l'hypertextualité — spécifiques à l'époque — donnent un statut documentaire à la conversation* », comme l'explique le journaliste Stéphane Foucart. La spécificité de chaque discipline – la chimie par Gérard Ferey et la biologie par Hervé Le Guyader – est présentée à travers des exemples concrets. Enfin, on peut lire avec intérêt les solutions expérimentées en Corée ou aux États-Unis. ■ **A. Kh.**

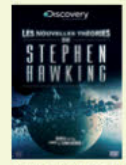
LES GRANDES EXPÉRIENCES SCIENTIFIQUES À PARIS

Frédéric Borel, préface d'Étienne Klein, Parigramme, 240 p., 19,90 €

Parmi les quelque 25 millions de touristes qui visitent Paris chaque année, rares sont ceux qui connaissent l'histoire scientifique des monuments : la tour Saint-Jacques où Pascal a expérimenté son baromètre, la Concorde, théâtre des débats de l'éclairage électrique... Frédéric Borel les rappelle ici avec talent. ■ **A. Kh.**

LES NOUVELLES THÉORIES DE STEPHEN HAWKING

Discovery Channel, 2 fois 45 min, 14,99 €



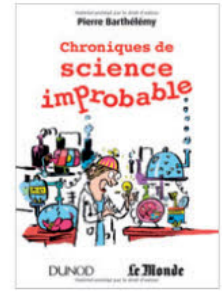
Cette adaptation vidéo du livre *Y a-t-il un grand architecte dans l'Univers ?* de Stephen Hawking met à la portée du grand public les théories du célèbre astrophysicien. La question préalable au documentaire est : « *Dieu a-t-il créé l'Univers ?* ». Dans le même coffret : *La Clé de l'Univers, Le Sens de la vie.* ■ **S. R.**

LE GRAND ATLAS DE L'ASTRONOMIE

Éditions Atlas, 162 p., 29,99 €

Classique dans sa forme, cet atlas mise surtout sur des photos de grande taille. On peut déplorer cependant le double emploi de certaines images, l'utilisation de clichés anciens et une construction un peu confuse. ■ **S. R.**

Chroniques de la science improbable



Pierre Barthélémy, Dunod, 176 p., 12,9 €

Si vous ne connaissez pas encore les chroniques de Pierre Barthélémy parues dans *Le Monde* sur la science improbable, vous avez droit à une seconde chance : le recueil de ces textes vient de paraître. Et comme, en plus, c'est illustré par Marion Montaigne, auteur de l'hilarante BD scientifique *Tu mourras moins bête*, le bonheur est total. Vous pourrez enfin comprendre pourquoi Dupond et Dupont tournent en rond dans les albums de Tintin, et pourquoi il est plus facile de casser une bouteille de bière pleine que vide sur un crâne. Vous apprendrez également que le bousier préfère les crottes d'humains et de chimpanzés. Ou que l'on met plus de temps à sortir de sa place de parking lorsqu'un autre automobiliste l'attend. Et vous saurez enfin si lire aux toilettes est bon pour la santé ! Tout cela, basé sur des études scientifiques réelles, publiées dans des revues très sérieuses ! Car « *c'est tout le charme de cette science improbable : provoquer le sourire d'abord (car sous la blouse blanche du chercheur, il y a, aussi, parfois un clown en puissance), et la réflexion ensuite. Et s'apercevoir que, sous l'apparente bêtise d'un test loufoque, il y a avant tout l'envie profonde de faire avancer la recherche* ». Peut-être cet ouvrage fera-t-il même naître des vocations scientifiques, du moins chez la gent masculine, lorsqu'elle découvrira que des chercheurs américains ont mis en évidence l'existence de chaleurs (œstrus) chez les femmes, en étudiant le montant des sommes récoltées par les hôtesses de clubs de « *lap dance* » (danse érotique) selon leur période d'ovulation. ■

Cécile Michaut

Le Quai-Branly explore la vie intérieure de ses œuvres

Surprise ! Grâce à l'imagerie 3D, le musée parisien découvre les secrets de fabrication insoupçonnés des objets de ses collections.

Par Bernadette Arnaud

QUI AURAIT PU IMAGINER *qu'un véritable crâne humain soit dissimulé sous le masque du personnage Bizango exposé dans nos vitrines consacrées aux sociétés secrètes vaudoues ?* » confie, encore sous le choc, André Delpuech, conservateur en chef du patrimoine chargé des collections Amériques au musée du Quai-Branly. Depuis plusieurs mois, anthropologues et muséographes de la grande institution parisienne vivent une véritable révolution. En se servant de nouveaux outils technologiques, ils pénètrent à l'intérieur des objets... et ce qu'ils découvrent les laisse sans voix.

Passés au scanner à rayons X, IRM ou échographie à ultrasons, les statues, statuettes, masques dont le musée est dépositaire, dévoilent leurs secrets enfouis au plus profond depuis plusieurs décennies, voire des siècles. Comme les bouddhas coréens du musée Guimet, à Paris, avaient, en leur temps, livré leur trésor de pierreries (*lire* S. et A. *n° 700, juin 2005*). Un logiciel, développé par la société française Vizua 3D et mis au point par Sylvain Ordureau (*lire l'encadré p. 55*), permet de révéler ces indices et matières, de les analyser et de constituer une base de données accessible aux chercheurs du musée. « *On croyait tout connaître de l'art africain par exemple. Or ces nouvelles technologies nous ont permis d'entrer dans le saint des saints des œuvres, comme jamais auparavant !* », s'enthousiasme Aurélien Gaborit, historien de l'art, conservateur du pavillon des Sessions au musée du Louvre. « *Nous pouvons découvrir en transparence un objet constitué de matériaux organiques, l'examiner en coupe, en densité ou en surface, ou encore en soustraire virtuellement des éléments pour mieux en appréhender la structure*», poursuit Christophe Moulherat, chargé de l'analyse des collections.

300 000
œuvres sont conservées dans les collections originaires d'Afrique, d'Asie, d'Océanie et d'Amérique du musée du Quai-Branly.

3400
œuvres sont exposées au public.

70
objets ont été analysés depuis 2010.

Soixante-dix objets ont déjà été explorés avec, à la clé, de premières découvertes spectaculaires. À commencer par les examens effectués sur les Boli, les objets les plus sacrés des populations bambara du Mali. Sortes de gros autels portatifs aux formes énigmatiques, — parfois humanoïdes, plus souvent zoomorphes —, ils se caractérisent par une épaisse gangue croûteuse constituée de terre et de sang d'animal, de végétaux et autres éléments organiques. C'est d'ailleurs le renouvellement régulier de ces couches compactes et leur accumulation qui confère au Boli son *nyama*, autrement dit sa puissance surnaturelle et son énergie vitale. Exécuté loin des regards, le modelage de la sculpture est accompli dans le secret le plus absolu. « *Pour la première fois, il nous a été donné de voir précisément comment cet objet — toujours très redouté aujourd'hui — était élaboré* », précise Christophe Moulherat.

Des cornes d'antilope surgissent sous l'armature

Alors que les spécialistes s'attendaient à voir une succession d'épais dépôts amalgamés sur une armature en bois, ce sont soudain six cornes d'antilopes emplies de graines et de lames qui sont apparues sur l'écran de leurs ordinateurs. Des « charges » magiques encore jamais vues, destinées à donner « vie » à l'objet. Chacun des composants a d'ailleurs une origine et une fonction bien précises : la terre viendra d'une tombe ou d'un lieu supposés accueillir des esprits de la forêt ou des ancêtres. Y seront mêlés des éléments végétaux, du sang sacrificiel d'origine animale, des fragments d'os ; parfois des petites grenouilles ▸

Un crâne humain chez les Bizango

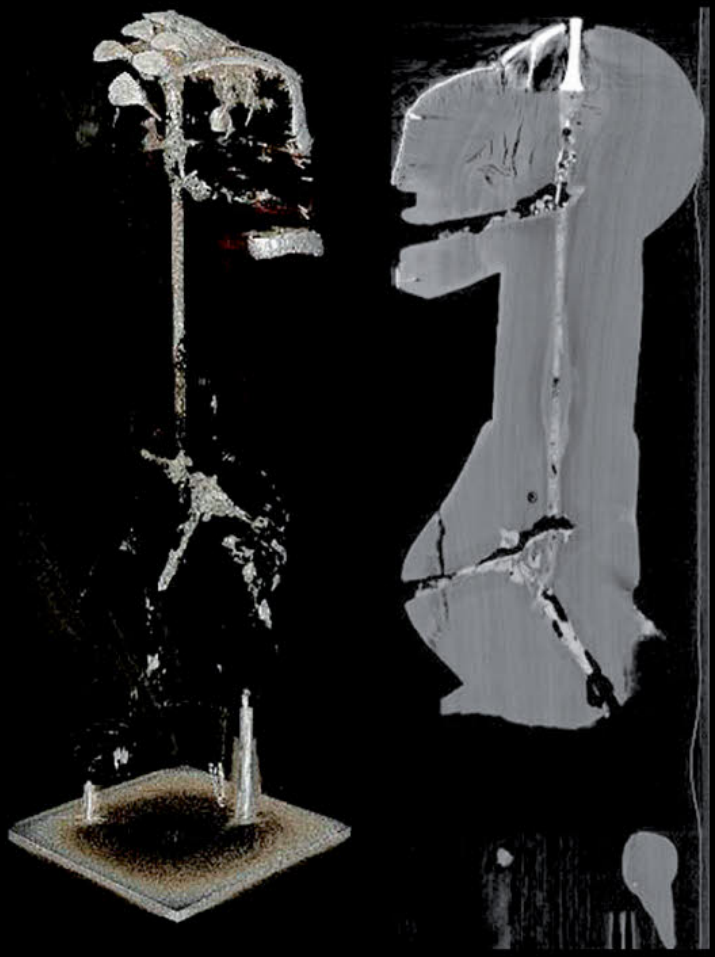
Originaire d'Haïti, cette œuvre haute de 1,30 m, représentant un personnage bizango recouvert de tissus rouge et noir, est liée aux rites méconnus des sociétés secrètes vaudoues.

THIERRY OLLIVIER ET MICHEL URTADO/MUSÉE DU QUAI-BRANLY - MUSÉE DU QUAI BRANLY

L'analyse au scanner du personnage a permis de découvrir au niveau de la tête la présence insoupçonnée d'un véritable crâne humain. Les images numériques laissent aussi voir les fragments de miroirs, boutons-pression et autres éléments de mercerie répartis dans tout le reste du corps. Il s'agit sans doute du « tailleur » et « ensorceleur », chef de l'armée secrète de la société bizango, « Bakala Bizango Bazin ». Acquis en 2009 par le musée du Quai-Branly, cet objet exposé dans la section Amériques avait été « désacralisé » lors d'une cérémonie vaudoue avant d'être transféré en France.

Les réseaux cachés songye

Cette statue songye de 82 cm, du nom d'une population établie depuis le XV[e] siècle au centre de la République démocratique du Congo, a révélé la présence de réseaux intérieurs inconnus des spécialistes (à droite) : un canal creusé dans toute la longueur du corps, connecté à d'autres percements au niveau de la bouche, de l'abdomen et du fondement. L'analyse a aussi révélé que cette sculpture, collectée au XIX[e] siècle, n'avait pas été « désacralisée » : elle renferme toujours des résidus de bilongo, un « remède » puissant dont l'avait nourri un nganga, sorte de guérisseur.



Les charges magiques de la nkisi

Les sculptures nkisi ou minkisi sont très importantes dans la culture des peuples Kongo, répartis de part et d'autre du fleuve Congo, en Afrique centrale. L'examen au scanner de cette œuvre en bois a permis de localiser en son sein des « charges » magiques encore actives. Implantées dans la tête et l'abdomen, dissimulées derrière des morceaux de verre, des miroirs ou des coquillages, ces charges et réceptacles emplis d'objets divers sont destinés à accueillir un esprit. Planter un clou dans l'objet est ainsi le moyen d'activer sa puissance. Les nkisi sont sollicitées pour lutter contre les maladies, la mort ou le désordre social.

PATRICK GRIES ET CLAUDE GERMAIN / MUSÉE DU QUAI BRANLY - MUSÉE DU QUAI BRANLY

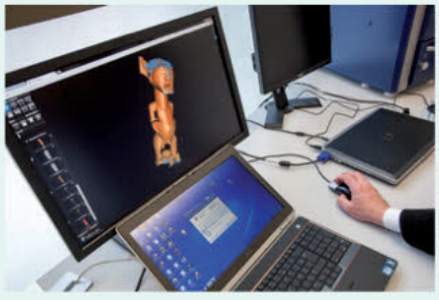
Une dissection virtuelle

Un logiciel de traitement d'images reconstitue en 3D les œuvres scannées. Cet outil unique au monde pour un musée permet une étude non invasive des collections.

Pour pénétrer au cœur des œuvres, et mieux en comprendre la composition avant de les restaurer, la direction du patrimoine et des collections du musée du Quai-Branly, à Paris, a fait l'acquisition d'un logiciel de traitement d'image élaboré par la société française Vizua 3D, qui permet de reconstruire en trois dimensions tous les éléments d'un objet scanné. Pour ce faire, des conventions d'utilisation de scanners médicaux ont été signées entre le musée et plusieurs hôpitaux de la région parisienne. C'est ainsi que l'hôpital Marie-Lannelongue, au Plessis-Robinson (Hauts-de-Seine), a récemment compté parmi ses patients de grands masques kanaks, des statues africaines, ainsi qu'une armure philippine du XVIII[e] siècle, accompagnée de sa coiffe de plumes.
Une fois l'objet scanné, les données sont transférées sur un calculateur situé dans une salle spéciale du musée du Quai-Branly. Les images numériques configurées en 3D sont ensuite accessibles en réseau par Internet aux anthropologues, conservateurs et restaurateurs qui le désirent. Le logiciel permet de procéder à la dissection virtuelle des objets, tout en offrant de multiples possibilités de visualisation.

Cette coiffe de cuirasse philippine provenant du musée est emballée pour être scannée.

L'examen au scanner de la cuirasse est effectué dans un hôpital des Hauts-de-Seine.



De retour au musée, les données numériques des examens sont accessibles en 3D.

FRANCESCO ACERBIS POUR SCIENCES ET AVENIR

desséchées ou des serpents ; d'autres fois du métal, des fragments de miroir, des coquillages ou encore des textiles. Tout symbole renvoyant au monde sensible, mais que l'homme ne peut atteindre. Ce que font les génies qui agissent sur le monde. « *Pour disposer de ces informations, il aurait fallu ouvrir ces statuettes en deux… ou bien assister à des cultes et à des cérémonies secrètes* », résume Aurélien Gaborit.

Les ethnologues y voient la preuve de rites secrets

La surprise a également été totale lors de l'étude d'une statue songye, une imposante figure en bois originaire de la République démocratique du Congo. « *Nous étions abasourdis ! Des percements, pratiqués au niveau des oreilles, de la bouche et de l'abdomen, étaient le point de départ d'un réseau de canaux intérieurs reliés entre eux au centre de la statue*, révèle Aurélien Gaborit. *C'était comme découvrir soudain que cet objet avait la capacité d'écouter, de penser et de réagir comme un personnage vivant !* »
L'étude d'autres statues, les nkisi des peuples Kongo, a également révélé la présence de clous et de lames. « *Outre leur utilisation pour lancer des malédictions, nombre de ces statues destinées à se prémunir de la maladie, de la mort ou du désordre social servaient aussi de témoins lors de prestations de serments. Dans ces sociétés sans écriture, elles pouvaient servir à garantir des pactes ou à avaliser des accords fonciers* », observe Aurélien Gaborit. Ces découvertes sont aussi la preuve que des ethnologues, qui passent souvent des années sur le terrain, peuvent avoir bien compris les comportements d'une communauté… mais avoir laissé échapper certaines de leurs pratiques les plus secrètes !
Ces analyses au scanner deviennent parallèlement des assistants sans égal pour les restaurateurs. Elles permettent en effet de cibler au plus près les zones sur lesquelles il leur faudra intervenir. « *Comprendre comment est tressé un couvre-chef en plumes, réalisé un maillage complexe sur un masque kanak, ou fabriqué une cuirasse philippine est précieux* », souligne Christophe Moulherat.
Sans compter que les conservateurs pourront désormais vérifier beaucoup plus facilement l'authenticité d'une pièce avant qu'elle ne soit acquise par le musée. ■

LE + NUMÉRIQUE
Une reconstitution en 3D de la figurine bizango et des images numériques pour mieux comprendre sa structure. **sciencesetavenir.fr**

CLAUDE PRIGENT / LE TÉLÉGRAMME / PHOTO PQR / MAXPPP

Albert Le Floch, physicien rennais, a reconstitué une «boussole viking» contenant un cristal de calcite.

La mythique pierre de soleil refait surface

L'étude du cristal de calcite retrouvé dans une épave du XVI^e siècle confirmerait-elle l'existence du fameux instrument que les Vikings auraient utilisé pour s'orienter ? Des historiens réfutent l'hypothèse.

Parmi les légendes sur les Vikings, les pierres de soleil occupent une place privilégiée. Ces marins hors pair les auraient utilisées entre le VIII^e et le XI^e siècle pour s'orienter en mer. Problème : aucune preuve n'a été rapportée. Or un cristal d'à peine 5 cm de long, découvert dans l'épave d'un bateau anglais coulé en 1592 au large de l'île anglo-normande d'Aurigny, pourrait relancer le débat sur leur existence.

Dans un article publié début mars dans *Proceedings of the Royal Society A*, deux physiciens rennais, Guy Ropars (Laboratoire de physique des lasers-Rennes-I), et Albert Le Floch, et leurs collègues de l'Alderney Maritime Trust (Grande-Bretagne), reviennent en effet sur les caractéristiques du minéral découvert en 2002 dans la Manche et son possible lien avec les pierres de soleil vikings. Selon eux, les propriétés optiques de cette calcite à six faces — la seule jamais trouvée dans une épave — permettraient de localiser précisément le Soleil. Il suffit de placer le rhomboèdre (volume à 6 faces en forme de losange) devant les yeux, de l'orienter vers le ciel et de le faire pivoter correctement par rapport aux rayons lumineux. Ce qui permet ensuite de tenir le cap par rapport à l'astre solaire, même par temps nuageux, où lorsque le soleil est sous l'horizon. En raison de ses propriétés optiques, la pierre « dépolarise » les rayons lumineux : quand la lumière frappe une face du rhomboèdre, elle forme deux points sur le côté opposé, où est placé l'œil de l'observateur. « *Ces taches sont d'intensités différentes, qui varient quand on modifie la position du cristal dans l'espace*, explique Guy Ropars. *Il faut donc déterminer le bon angle pour que les deux points*

SIPA

Propriétés optiques
Le cristal de calcite de 5 cm a été trouvé à côté d'un compas de navigation dans le navire britannique coulé en 1592. Ses propriétés optiques sont bien connues des physiciens qui l'utilisent dans certains de leurs instruments.

BOUSSOLE Deux physiciens français de l'université de Rennes-I émettent l'hypothèse que le cristal aurait servi de boussole aux Vikings.

RAYONS LUMINEUX La lumière en provenance du soleil est polarisée par l'atmosphère. L'axe et l'intensité des rayons varient en traversant le cristal.

CAP Selon l'orientation des rayons lumineux, les navigateurs auraient pu déduire la position du soleil dans le ciel à 1° près, même par temps couvert, et fixer le cap à suivre. Une version contestée par les historiens.

brillent exactement de la même façon. La direction du Soleil se trouve alors à 45° de l'axe optique du cristal. » La transparence de la pierre retrouvée à bord de l'épave ayant été altérée par l'eau de mer, les physiciens ont mené des expériences avec une calcite de cristal récent mais comparable. Ils ont alors pu localiser la direction du soleil à un degré près.

Les sagas ne mentionnent aucune sorte de « boussole »

Le lien entre pierre de soleil et boussole a été fait pour la première fois en 1967, par l'archéologue danois Thorkild Ramskou. S'interrogeant sur les *solarsteinn* mentionnées à de rares reprises dans la littérature et les archives scandinaves, il émet l'hypothèse — sans indice archéologique —, de leur usage nautique. La proposition est séduisante et envahit très vite les imaginaires... à l'exclusion de celui des historiens qui s'interrogent sur la réalité d'un tel instrument de navigation.

Ainsi, pour Régis Boyer, ancien directeur de l'Institut d'études scandinaves de l'université Paris-Sorbonne — qui a connu personnellement Ramskou —, rien dans les textes n'appuie cette proposition. « *C'était juste une hypothèse de travail de sa part* », affirme-t-il. Alors que les Vikings ont décrit par le menu tout ce qui concernait leur savoir de marins, ils n'ont laissé aucune trace des moyens dont ils disposaient pour naviguer. « *Dans les milliers de pages des sagas, annales, chroniques ou écrits généalogiques, il n'est jamais question d'instruments servant à se diriger en mer* », insiste Régis Boyer. Parmi la masse d'écrits qui s'échelonnent de 1180 à 1350 — soit au cours des trois siècles qui ont suivi les grandes expéditions maritimes nordiques — les *solarsteinn* ne sont évoquées qu'à trois reprises « *mais sans jamais préciser la nature de cet objet, ni suggérer un quelconque lien avec la navigation* », précise Régis Boyer. Ainsi, dans la *Saga de Hrafn Sveinbjarnarson*, la pierre de soleil est-elle décrite comme une gemme donnée au héros par un évêque, mais que les marins laissent tomber sur le rivage en partant. Reprenant la même légende, la *Saga des Islandais* précise que la pierre a été jetée car « *elle semblait telle que n'importe quel autre caillou du rivage* ». Il y est fait aussi brièvement référence dans la *Saga des Sturlungar*. Seul un court passage d'une version tardive d'un récit du début du XIII[e] siècle consacré à saint Olaf associerait l'usage de la *solarsteinn* à la détermination de la position du Soleil dans le ciel... Un alinéa souvent cité par les partisans de l'hypothèse de la boussole, et dont l'existence même est réfutée par Régis Boyer. « *Des dizaines de traductions fantaisistes ont été faites sur Olaf Haraldsson, roi viking mort en 1030. J'attends encore que l'on m'apporte les références scientifiques et précises de cette citation-là !* » s'exclame le spécialiste.

Les spécialistes d'histoire nordique affirment que les Vikings effectuaient du cabotage sans boussole.

AKG

Élisabeth Ridel, chercheuse à l'université de Caen, une des rares spécialistes françaises des navires vikings, demeure elle aussi circonspecte sur la « boussole » viking. « *Parce qu'ils nous fascinent, on a tendance à surestimer les capacités nautiques des Vikings*, rappelle-t-elle. *Or, même entre le VIII[e] et le XI[e] siècle, à l'époque des raids visant l'empire Franc et la Grande-Bretagne, ils longeaient les côtes ou prenaient d'anciennes routes de navigation déjà connues.* » Nul besoin alors d'utiliser une boussole.

Ces navigateurs étaient experts en vents et courants

On l'oublie souvent, les Vikings n'étaient pas seuls sur les mers. Les Anglos-Saxons savaient naviguer. Les Francs aussi. Ainsi que les Celtes ou les hommes de l'âge du bronze, dans des temps plus anciens encore. « *L'innovation des Vikings réside surtout dans les performances de leurs navires* », fait remarquer Élisabeth Ridel. Avec leurs bateaux à quille, plus stables, et à gréement adapté à la haute mer, ils peuvent réaliser de grands trajets, en particulier dans l'Atlantique Nord. « *Pour garder leur cap, ils observaient l'allongement des ombres au cours de la journée, la présence ou non d'oiseaux... Et ils possédaient surtout une grande connaissance des vents et des courants* », insiste l'historienne. On sait que les bateaux vikings ne remontaient pas au vent. Ils devaient donc attendre que celui-ci soit favorable pour lever l'ancre. Sans omettre qu'ils se perdaient souvent et s'échouaient parfois.

Autre objection soulevée par les spécialistes : pourquoi aucune *solarsteinn* n'a-t-elle jamais été retrouvée dans une épave viking ? Régis Boyer a son idée sur la question : « *Pline, l'historien romain du I[er] siècle, connaissait déjà l'existence de ce cristal. Il l'appelait* solis gemma *parce qu'il brillait comme le soleil et non en raison de ses vertus pour la navigation.* » Qui se risquera à prétendre que les Romains naviguaient aussi à l'aide d'un cristal ? ■ **Bernadette Arnaud**

POUR EN SAVOIR PLUS

▶ *Les Vikings*, Régis Boyer, Robert Laffont, 2008.

▶ *Les Vikings et les mots*, Élisabeth Ridel, Errance, 2009.

Chaussure en peau vieille de 3800 ans, tunique en laine d'agneau du IIIe siècle... : la plupart des objets retrouvés ont appartenu à des chasseurs de rennes.

La tunique qui venait du froid

La fonte accélérée des glaciers en Norvège a fait réapparaître près de 1600 objets, datant de l'âge du bronze au début de notre ère.

En raison du réchauffement climatique, les glaciers scandinaves reculent et libèrent de stupéfiants vestiges. Ainsi, une exceptionnelle tunique en serge de laine d'agneau datée du IIIe siècle de notre ère a été récemment mise au jour en Norvège, dans le département d'Oppland, à l'occasion d'une intervention d'archéologie préventive. Elle a été découverte à 2000 mètres d'altitude en bordure du glacier de Lendbreen, non loin de la petite ville de Lom.

SYLVIE DAOUDAL

Ce vêtement, qui a dû être porté par un homme mesurant environ 1,75 m, n'était plus qu'une masse informe noyée dans des éboulis. « *Par crainte de voir cet incroyable textile disparaître en lambeaux — un phénomène qui touche les matériaux organiques exposés à l'air libre après un long séjour dans la glace — il a fallu intervenir au plus vite pour le protéger de toute agression des micro-organismes* », raconte Mariane Vedeler, conservatrice au Musée norvégien d'histoire culturelle d'Oslo. Placé des semaines durant dans une chambre froide à 5 °C, le textile a ensuite été lyophilisé et sauvé. La tunique est aujourd'hui exposée au public à Oslo. Au total, ce sont près de 1600 objets venus du fond des âges qui ont été restitués par les glaciers depuis 2006. Dans une quarantaine de sites des zones montagneuses du sud de la Norvège, chaussures, mitaines, arcs, flèches, et autres témoins de la vie quotidienne ressurgissent après avoir séjourné parfois plus de 2000 ans dans ces frigos géants.

Ces aires glacées étaient des terrains de chasse

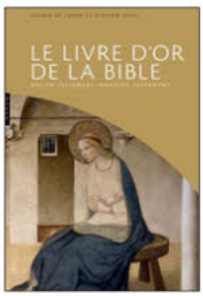
« *La plupart des objets issus de ces glaciers sont liés au monde des chasseurs de rennes*, déclare l'archéologue danois Lars Hogel Piloe, l'auteur des trouvailles. *Les plus anciens d'entre eux remontent jusqu'à présent à l'âge du bronze, à l'instar d'une chaussure datant de 1800 avant J.-C. retrouvée à Langfonna. Dès l'époque préhistorique, en effet, les zones de glace ont constitué d'excellents terrains de chasse car c'est là que les rennes viennent se réfugier l'été, pour échapper aux nuées de mouches.* » Au cours des millénaires, en voulant piéger ces imposants cervidés, des chasseurs, dans le feu de l'action, auront inévitablement laissé ou abandonné une partie de leurs équipements. Certains y ont peut-être même perdu la vie, à l'instar du célèbre Ötzi, « l'Homme des glaces » de 5300 ans exhumé en 1991 dans le massif alpin du Similaun.

Si en fondant, les glaciers constituent une aubaine pour les archéologues, la situation n'en est pas moins alarmante. Lars Hogel Piloe est d'ailleurs pessimiste : « *Nous pensons que les glaciers du sud de la Norvège auront totalement disparu avant la fin du siècle, et nous nous attendons à découvrir de plus en plus de vestiges.* » ■ **Bernadette Arnaud**

PHOTOS : VEGARD VIKE/MUSEUM OF CULTURAL HISTORY, OSLO ; MAARTEN TEIGEN/MUSEUM OF CULTURAL HISTORY, OSLO

Le Livre d'or de la Bible

Dès l'introduction, les auteurs, historiens de l'art, nous rappellent qu'à l'inverse du monde hébraïque où il est interdit de reproduire Dieu en image, l'art chrétien s'est entièrement consacré aux représentations figuratives. Pour rendre hommage au Créateur et propager la foi, les églises se sont ainsi couvertes de scènes tirées de l'Ancien Testament, et des livres des quatre évangélistes : Marc, Matthieu, Luc et Jean. Or, bien des thèmes de ces fresques, toiles ou sculptures, sont devenus lointains pour nombre d'entre nous. Que représentent encore à nos yeux *Moïse et le serpent d'airain*, *Les Songes de saint Joseph*, *Suzanne et les vieillards*, *Le Paiement du tribut*, *Tobie et son épouse* ou *Les Tentations du désert*, peintes par Antoon Van Dyck, le maître Heinrich de Constance, Jacopo Basano, de Giotto, le Tintoret ou Piero de la Francesca ? En compilant 700 représentations de scènes et épisodes parmi les plus célèbres des textes sacrés, les auteurs nous aident à décrypter en détail la signification de ces tableaux souvent énigmatiques. Ainsi peut-on connaître l'identité des personnages ou le sens des symboles absconsqui s'offrent régulièrement à notre regard dans les musées. Tout devient alors connaissance, et la visite un jeu, face aux scènes représentées par les plus grands peintres de l'art occidental. ■ **Bernadette Arnaud**



Chiara de Capoa et Stefano Zuffi, Hazan, 506 p., 29,45 €

Le Gouffre de Padirac

Longtemps le *Pout* de Padirac effraya les habitants du Causse de Gramat, dans le Quercy. Avec ses 35 m de diamètre et ses 50 m de profondeur, ne constituait-il pas les bouches de l'enfer et l'antre du diable ? Ce gouffre exploré pour la première fois en 1889 par le père de la spéléologie moderne, Édouard-Alfred Martel, est devenu depuis un des sites les plus visités de France. Une descente de 103 m, une rivière de 20 km et plus de 40 kilomètres de galeries. C'est à la découverte de cet univers au patrimoine naturel saisissant, que nous entraîne dans une véritable odyssée souterraine, Didier Dubrana. Formidablement illustré, ce livre réunit des photos historiques autant que celles des chefs-d'œuvre géologiques des colossales concrétions sculptées pendant des milliers d'années par les eaux de ruissellement. ■ **B. A.**

Didier Dubrana, Gallimard, Hors-Série « Découverte », 8 modules, 16 p., 13,50 €

DES GAULOIS AUX CAROLINGIENS

Bruno Dumézil, PUF, 232 p., 14 €

Avec ce premier titre, débute une collection de sept ouvrages, racontant *« une histoire personnelle de la France »*. Dirigée par l'éminente historienne Claude Gauvard, cette série, exigeante tant par sa qualité que par le choix de ses auteurs, intègre les dernières connaissances en histoire médiévale. ■

LE ROYAUME DES DINOSAURES

Discovery Channel, 2 h 50, 14,99 €

À mi-chemin entre le documentaire scientifique et la fiction animée, cette série de quatre épisodes, réalisée avec des gros moyens pour la partie en images de synthèse, se veut accessible à tous les publics. Un regret : la frontière entre le savoir actuel et les spéculations n'est jamais clairement tracée. ■

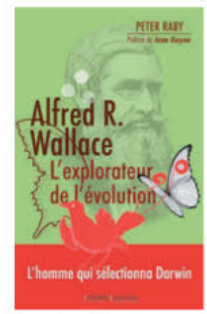
HISTOIRE DE FRANCE

Jules Michelet, Citadelles et Mazenod, 528 p. sous coffret, 213 €

Dans une édition d'envergure, Citadelles et Mazenod proposent de nous faire revisiter l'œuvre majeure de Jules Michelet (1798-1874) accompagnée des plus grands manuscrits et peintures de l'histoire de France. Chaque texte est assorti de commentaires critiques présentés par l'historienne Paule Petitier, spécialiste du XIXe siècle à l'université Paris-Diderot. ■

Alfred R. Wallace, L'explorateur de l'évolution

Imaginez la panique de Darwin, en 1858, lorsqu'il reçoit une liasse de pages décrivant avec précision le mécanisme de la sélection naturelle qui le tient en haleine depuis une vingtaine d'années ! La trouvaille est signée Alfred R. Wallace, un collecteur d'insectes qui ratisse les îles Moluques pour le compte du grand Charles. Intrépide, fauché, autodidacte, Wallace a passé douze années dans les jungles d'Amazonie et d'Asie du Sud-Est à chasser, écorcher, épingler et cataloguer oiseaux et papillons avant de théoriser — entre deux fièvres et blessures — le mécanisme majeur de l'évolution. Cette biographie passionnante et érudite rend hommage à l'explorateur britannique trop peu connu. Elle éclaire l'étonnante humilité et déférence de l'homme envers Darwin qu'il porta aux nues, sans réclamer sa part de reconnaissance. Relate le mépris avec lequel fut accueillie son autre géniale découverte, la biogéographie : on lui doit la ligne Wallace, cette frontière invisible séparant les espèces australiennes et asiatiques. Elle raconte enfin comment, à son retour en Angleterre, Wallace — persuadé que la destinée de notre espèce reposait davantage sur l'entraide que sur la compétition — s'est démené dans des combats humanistes contre les eugénistes, mais aussi fourvoyé dans une défense naïve du spiritisme. Un savant hors norme et un caractère anticonformiste à découvrir avant novembre, qui célébrera le centenaire de sa mort. ■ **Rachel Mulot**

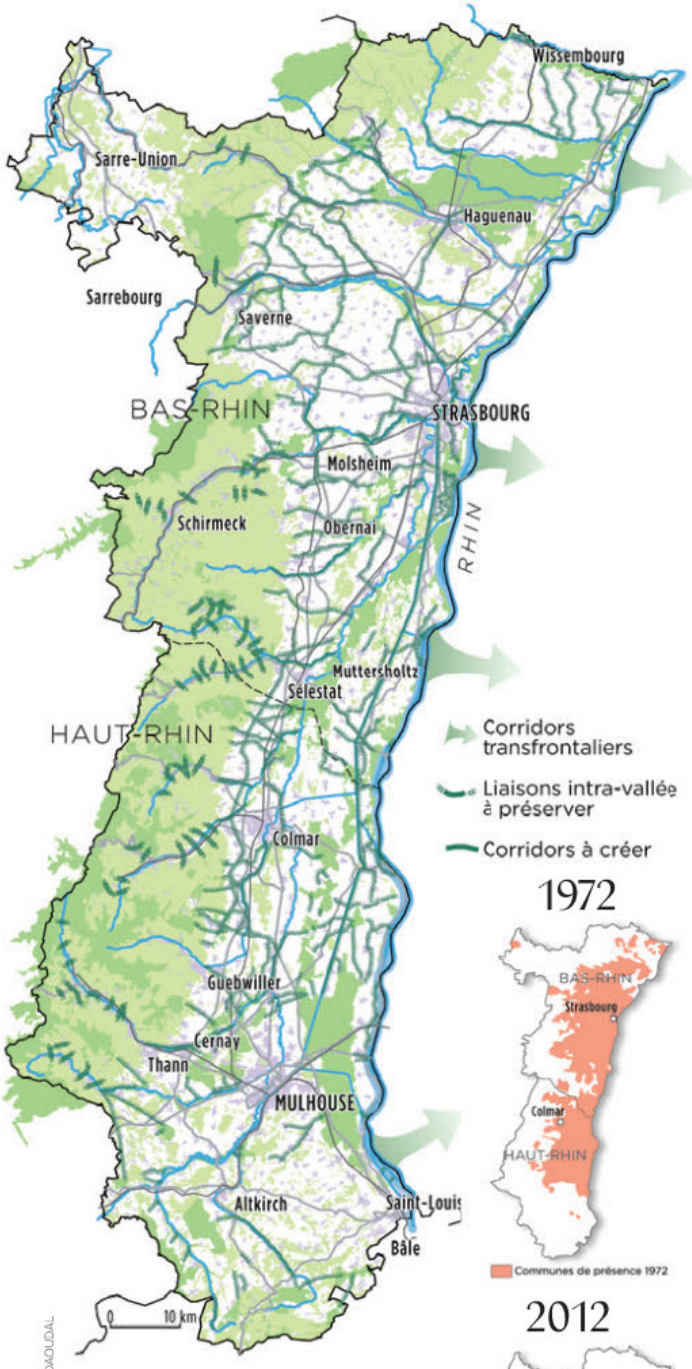


Peter Raby, Editions Évolution, 450 p., 24 €

Le grand hamster sentinelle de la biodiversité

Le rongeur bénéficie d'un plan de protection contraignant. Au point d'aviver les tensions en Alsace. Pourtant, sa disparition met en péril tout l'écosystème.

Par Loïc Chauveau



Des corridors pour sauver l'espèce

Le recul impressionnant de la présence du hamster en 40 ans *(ci-contre)* est le signe du passage d'une polyculture de céréales et de légumineuses à une monoculture du maïs. En plaine d'Alsace, la création de corridors écologiques *(ci-dessus)* mettant en relation des terres agricoles favorables au hamster pourrait sauver l'espèce.

SOURCE : RÉGION ALSACE/SIGS - INFOGRAPHIE : SYLVIE DAOUDAL

NE PAS SE FIER À SON REGARD tendre, son poil doux et roux, ses petites oreilles pointues. Le grand hamster n'a que peu de rapport avec le hamster doré, le placide animal de compagnie. *Cricetus cricetus*, surnommé la « marmotte d'Alsace », est un rongeur sauvage et agressif, endémique de cette région et — surtout — emblématique de sa mauvaise santé écologique. Au point de semer la zizanie chez les Alsaciens. Quatorze communes du sud de Strasbourg ont en effet déposé en novembre 2012 un recours devant le Conseil d'État pour *« excès de pouvoir »*. La raison : un arrêté ministériel qui impose d'aménager des aires de repos et de reproduction pour le rongeur dans un rayon de 600 mètres autour de chaque terrier repéré au cours des deux dernières années.

« Inadmissible ! s'insurge Audrey Schimberlé, directrice de la communauté de communes du Pays de Sainte Odile, concernée directement par cette mesure. *Cet arrêté augmente considérablement la surface des zones protégées au point que de nombreux projets d'urbanisme devront faire l'objet de demandes de dérogation que nous ne sommes pas certains d'obtenir.* » Cette région d'Obernai, économiquement très dynamique, craint de ne pas être en mesure d'implanter, par exemple, un centre de recherche sur la bière envisagé par un grand brasseur, implanté sur la commune. Tout cela à cause d'un minuscule mammifère. Du moins en apparence.

L'animal n'a plus aucun endroit où se cacher

La réalité se révèle, en fait, beaucoup plus complexe. Comme souvent en matière d'écologie, ce n'est pas seulement le grand hamster que l'État tente de sauver, mais l'ensemble d'un écosystème indispensable à la vie de nombreuses autres espèces. *« Cet animal est un indicateur crucial de la bonne santé écologique du milieu de la plaine d'Alsace*, résume Christian Dronneau, chargé de mission biodiversité au conseil régional. *Là où il est présent, lapins, cailles,*

19 COMMUNES ALSACIENNES sont concernées par l'arrêté ministériel qui impose de nouvelles mesures de protection.

82 % DE LA POPULATION DE HAMSTERS se concentrent sur cinq communes, essentiellement dans le Bas-Rhin.

309 TERRIERS DÉTECTÉS EN 2012, contre 1100 à 1200 terriers en 2000.

J.L. KLEIN ET M-L. HUBERT/BIOSPHOTO

25 centimètres de la tête au bout de la queue pour un poids de 200 à 600 g, ce mammifère omnivore est chassé de son habitat traditionnel par l'extension de la monoculture du maïs.

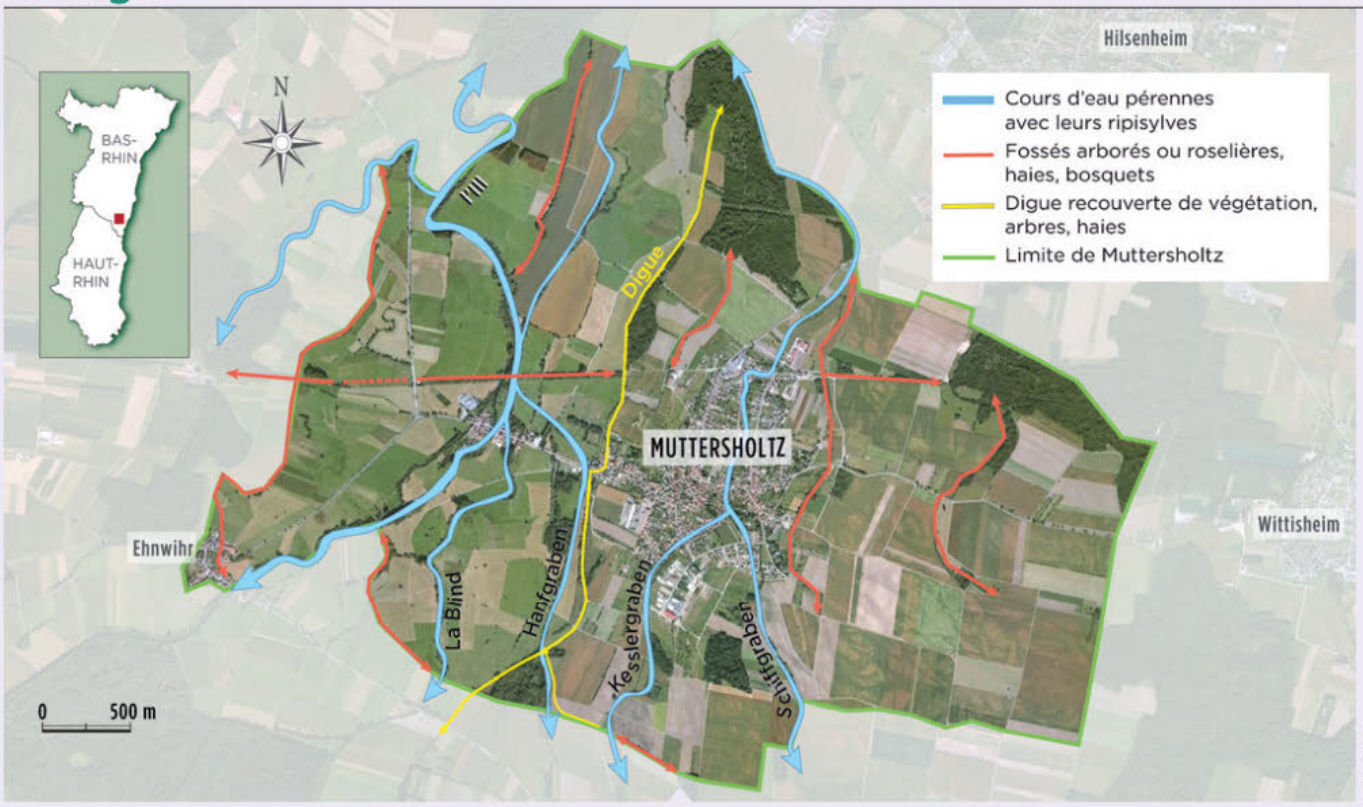
perdrix, rapaces et des petits carnivores comme le renard ou la fouine sont également présents. » Or, la situation du grand hamster et des espèces associées est aujourd'hui dramatique. Alors qu'il s'épanouissait dans un système agraire où se succédaient de petites parcelles céréalières et légumineuses comme la luzerne *(lire l'encadré p. 63)*, il est aujourd'hui chassé par l'extension de la monoculture du maïs qui représente désormais 60 à 80 % de la surface agricole de la région.

« *Cette culture lui est rédhibitoire,* dénonce Jean-Paul Burget, président de l'association Sauvegarde de la faune sauvage. *Quand il sort d'hibernation début avril, le maïs n'est pas encore semé et la terre est à nu. L'animal n'a donc plus aucun*

AFP

endroit pour se cacher de ses prédateurs, ce qui n'était pas le cas avec la luzerne ou le blé. » Seules de rares espèces opportunistes, comme le corbeau ou le sanglier, tirent profit de cette monoculture. Résultat : ils pullulent, occasionnant des dégâts considérables, estimés à 3,5 millions d'euros en Alsace, en 2012, pour le seul sanglier. Acculé, le hamster a été peu à peu contraint de vivre dans des poches, qui rétrécissent à cause de l'urbanisation. L'Alsace est en effet une région très peuplée avec une densité de 220 hab/km² et quelque 1000 hectares sont aménagés chaque année. Bien que strictement protégée par la Convention de Berne de 1979 et par la directive européenne Habitat de 1992, l'espèce a vu ses effectifs régresser constamment jusqu'à atteindre aujourd'hui un point critique avec à peine 300 terriers recensés, alors qu'il en faudrait 1500 au moins pour assurer sa survie.

La France, déjà condamnée par la Cour européenne de justice en 2011 pour manquement ▶



L'image satellite permet de visualiser le réseau écologique développé par la commune de Muttersholtz (haies, cours d'eau restaurés...).

AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

L'Alsace, pionnière des trames vertes

Depuis dix ans, la région a déjà financé 31 corridors, bien avant les directives issues du Grenelle de l'environnement. Un positionnement unique en France.

Alors que toutes les régions de France planchent sur leur Schéma régional de cohérence écologique (SRCE), censé relier entre elles toutes les zones d'intérêt environnemental par des « corridors écologiques », la région Alsace ne fait qu'actualiser le sien, conçu dès... 2003. Bien avant la négociation environnementale nationale de 2007 qui a vu émerger la notion de « trame verte ». L'idée des SRCE : permettre aux espèces sauvages de profiter d'un territoire cohérent, le plus étendu possible, sans interruptions rédhibitoires comme une autoroute ou de grands espaces de monoculture. Certes, les territoires français les plus remarquables sont protégés (zones d'intérêts floristique et faunistique, réserves naturelles, parcs nationaux et régionaux, etc.). Mais ces endroits apparaissent comme des îlots noyés au sein d'espaces « banals » que l'homme peut aménager à sa guise. *« Or il ne faut pas négliger cette nature "ordinaire" ! Elle a un rôle écologique important, notamment pour le déplacement des espèces »*, explique Patrick Barbier, ancien président d'Alsace Nature. Les négliger, c'est condamner des animaux emblématiques de chaque région à disparaître, comme l'outarde canepetière en Poitou-Charentes ou la moule perlière du Morvan. Les écologues ont donc conçu des outils qui permettent d'assurer une continuité naturelle sans pour autant empiéter sur les espaces agricoles ou les zones d'activité humaine : *« Cela passe par la plantation d'espèces végétales favorables, mais aussi par la restauration de petits espaces intermédiaires entre deux zones remarquables, selon la technique dite du pas japonais »*, expose Christian Dronneau, chargé de mission biodiversité au conseil général. Ainsi, à Immerschenberg, en plein vignoble alsacien, ce sont des pelouses sèches qui ont été reliées entre elles après un inventaire des terrains communaux et une cartographie fine des chemins et fossés à restaurer en limites de propriétés. On y a même replanté cormiers et néfliers, des arbres fruitiers traditionnels d'Alsace. À Muttersholtz, le territoire communal a fait l'objet d'un diagnostic précis débouchant sur des projets de plantation de haies, de création de mares ou de zones enherbées pour casser les obstacles formés par les immenses champs de maïs. En dix ans, la région a financé la création de 31 corridors écologiques, de réserves de biodiversité et même la restauration de zones de nature sauvage en ville. Reste que c'est un règlement très coercitif qui devrait favoriser le retour d'une continuité de la biodiversité. Le projet de politique agricole commune (PAC) en cours de discussion devrait en effet imposer que 7 % de la surface de toute exploitation agricole soient rendus à la nature.

à ses obligations vis-à-vis de la directive Habitat, se retrouve plus que jamais au pied du mur. Déplorant l'absence de progrès, la Cour menace l'État français, depuis juin 2012, d'une très lourde amende qui pourrait s'élever en théorie à 800 000 € d'astreinte par jour. D'où l'arrêté ministériel publié le 6 août 2012, aujourd'hui contesté localement.

Les limites d'urbanisation ne sont plus intangibles

Car le paradoxe veut que celui-ci impose des obligations supplémentaires à la région d'Obernai, parce qu'elle est justement la seule à avoir déjà beaucoup fait pour la sauvegarde du grand hamster ! *« Nous sommes "punis" pour notre vertu !* déplore Audrey Schimberlé. *Dès 2007, nos plans d'aménagement ont sacralisé 1615 hectares de terres à blé et à luzerne. Or ceux qui ont laissé le maïs s'implanter ne subissent aucune contrainte puisqu'ils n'ont plus aucun hamster.* » Les élus locaux contestent vivement la règle des 600 mètres à préserver autour de chaque terrier. Les quelques études réalisées sur les trajets des hamsters montrent en effet que les mâles se déplacent en moyenne de 300 mètres par an. Autrement dit, la multiplication des terriers élargit constamment la zone à protéger, débordant sur des zones urbanisées et enserrant même la totalité de la commune de Griesheim. Les limites d'urbanisation ne sont donc plus intangibles.

Localement, on cherche un terrain d'entente car les associations de protection de l'environnement ne veulent pas rompre le dialogue avec les chambres d'agriculture, *« parce que si les hommes ne s'entendent pas, c'est le grand hamster qui va trinquer »*, professe Jean-Paul Burget. *« 10 % de la surface de l'Alsace dépendent déjà de mesures agro-environnementales qui modifient les pratiques agricoles »*, plaide de son côté André Jacob, directeur de la chambre d'agriculture du Bas-Rhin.

REPEUPLEMENT

L'élevage favorise la réintroduction

Chaque année, 200 grands hamsters sont rendus à la vie sauvage, mais leur taux de survie est relativement bas.

Pour permettre au grand hamster de repeupler son écosystème et de gagner de nouveaux territoires, l'association Sauvegarde de la faune sauvage s'essaie avec succès à l'élevage depuis les années 2000 : *« Nous provoquons en cage la première reproduction de l'année avant de lâcher les parents en juin,* explique Céline Boulade, éthologue qui gère trois élevages dans le Haut-Rhin. *Nous gardons les jeunes pour qu'ils servent de géniteur l'année suivante.* » Chaque animal est porteur d'une puce d'identification et les croisements sont gérés par ordinateur pour éviter la consanguinité. 600 à 700 animaux sont ainsi produits tous les ans et 200 sont relâchés avec des taux de survie jusqu'ici relativement bas. Réintroduire le grand hamster est en effet une gageure car son mode de vie se prête mal à une reconquête de grande ampleur : le rongeur est un animal solitaire qui hiberne de septembre à mars dans un terrier sophistiqué qui comprend chambre à coucher et réserves pouvant stocker jusqu'à 15 kg de graines. Au printemps, les mâles partent à la recherche des femelles, l'accouplement étant le seul moment où les individus se rencontrent. Les femelles ont entre deux et trois portées de sept petits en moyenne entre avril et août. La gestation dure 21 jours et il faut aussi 21 jours pour sevrer les petits. 38 % seulement des femelles et 18 % des mâles arrivent à survivre une année, pour une durée de vie maximale de deux ans. Car le grand hamster, bien qu'il passe 95 % de son temps dans son terrier et ne sorte qu'au crépuscule, est une proie pour les renards, les buses, les martres, les belettes, les putois et même les chats et les chiens domestiques. Une hécatombe accentuée par la destruction de son habitat protecteur.

PHOTO PQR/L'ALSACE/MAXPPP

Après la reproduction, les rongeurs sont relâchés, ici à Blaesheim.

La chambre consacre déjà 800 hectares au rongeur par le biais des contrats de protection concernant 172 agriculteurs, tous de la région d'Obernai. La différence de revenus entre blé et maïs est compensée par l'État. Une partie des 10 millions d'euros que l'État veut consacrer à un Plan national d'action passera ainsi dans des contrats avec des agriculteurs. Sur 9000 hectares, la culture de luzerne sera financée à hauteur de 529 € l'hectare : *« En 2013, nous allons même coordonner nos efforts pour que les parcelles favorables au hamster de chaque exploitation soient contiguës afin de favoriser la continuité de leur territoire et nous allons expérimenter les semis sous couverts comme le trèfle ou le pois qui permettront de garder un couvert végétal après les moissons de juillet »*, promet André Jacob.

Depuis le début du printemps, les personnels administratifs de la faune sauvage arpentent à nouveau les champs, recensant les terriers. Ce décompte sera transmis à la Commission européenne par l'État français avec l'ensemble des mesures de protection. Cela suffira-t-il à la Cour européenne de justice ? Une sanction serait une très mauvaise nouvelle, car elle signifierait que la France n'aura pas su endiguer la quasi-extinction du grand hamster d'Alsace. ■

> « Ceux qui ont laissé le maïs s'implanter ne subissent aucune contrainte »
>
> **Audrey Schimberlé** Directrice de la communauté de communes du Pays de Sainte Odile

Tsunemi Kubodera, zoologiste marin

Le seigneur des abysses

Ce spécialiste mondial des céphalopodes poursuit depuis plus de dix ans le calmar géant. Il vient de le filmer pour la première fois par 900 mètres de fond.

À LA PORTE DE SON BUREAU, son nom est suspendu par deux pinces en forme de facétieux calmars : le Japonais Tsunemi Kubodera, plus grand spécialiste mondial des céphalopodes, ne se prend pas au sérieux. À 61 ans, ce docteur en sciences halieutiques reçoit sans blouse blanche au Centre de recherche du musée des Sciences naturelles, près de Tokyo. Sur des étagères, des calmars dans des bocaux mais aussi des peluches, des tasses et des estampes consacrées à *Architheutis dux*, son objet d'étude. Tsunemi Kubodera a été propulsé sur le devant de la scène le 13 janvier quand la télévision nationale japonaise NHK a diffusé un documentaire retraçant la quête fructueuse du premier calmar géant filmé vivant au large des îles Ogasawara, au sud du Japon. Diffusé le même soir que le film *Avatar*, le documentaire animalier — également présenté en France sur Arte en février — a réalisé 16,8 % de part d'audience, contre 10 % pour la superproduction hollywoodienne. « *Le calmar a mangé* Avatar », sourit le chercheur au visage doux liseré d'une fine moustache. Les six semaines d'expédition — financée par la NHK et Discovery Channel pour 5,8 millions d'euros — ont permis de filmer deux fois l'animal mythique. À bord d'un submersible transparent, Tsunemi Kubodera s'est retrouvé face à face avec un calmar de 8 m de long filmé à 900 m de profondeur avec une caméra à lampes LED infrarouges imperceptibles aux yeux de l'animal. Plongé dans l'obscurité totale, il n'a cependant pas résisté à la tentation d'éclairer plein phare cette créature qui l'obsède depuis tant d'années. « *Je voulais le voir à l'œil nu, l'enregistrer dans ma mémoire*, explique-t-il. *Il brillait comme de l'or.* »

GUILLAUME BRESSON POUR SCIENCES ET AVENIR

BIO EXPRESS

4 août 1951 Naissance à Tokyo.
1979 Il devient le spécialiste des calmars au musée des Sciences naturelles de Tokyo.
2004 Il prend en photo pour la première fois le calmar géant vivant dans son milieu naturel.
2006 Il parvient à capturer et à filmer un calmar géant, mais l'animal meurt peu après.
2012 À la tête d'une expédition dans les îles Ogasawara, il filme un calmar géant dans son milieu naturel.
2013 Diffusion d'un documentaire sur le calmar géant par la télévision japonaise NHK, Discovery Channel et Arte.

Il a été nourri aux films du commandant Cousteau

Après avoir été le premier à photographier le géant dans son milieu naturel en 2004, le scientifique est ainsi devenu le premier à en obtenir une vidéo HD en couleurs. « *Cela prouve que mes hypothèses de recherche sur la zone et la profondeur à explorer étaient correctes* », se félicite-t-il.

En le voyant s'enfoncer dans les grands fonds, on imaginerait volontiers Tsunemi Kubodera en aventurier des temps modernes, digne héritier du capitaine Nemo de Jules Verne aux commandes de son submersible. « *Absolument pas*, répond-il sans hésiter. *Ma vocation principale est de répertorier les espèces inconnues. Le calmar géant fait partie de ce projet plus vaste.* » Certes, il a entendu parler des récits de navigateurs et de la

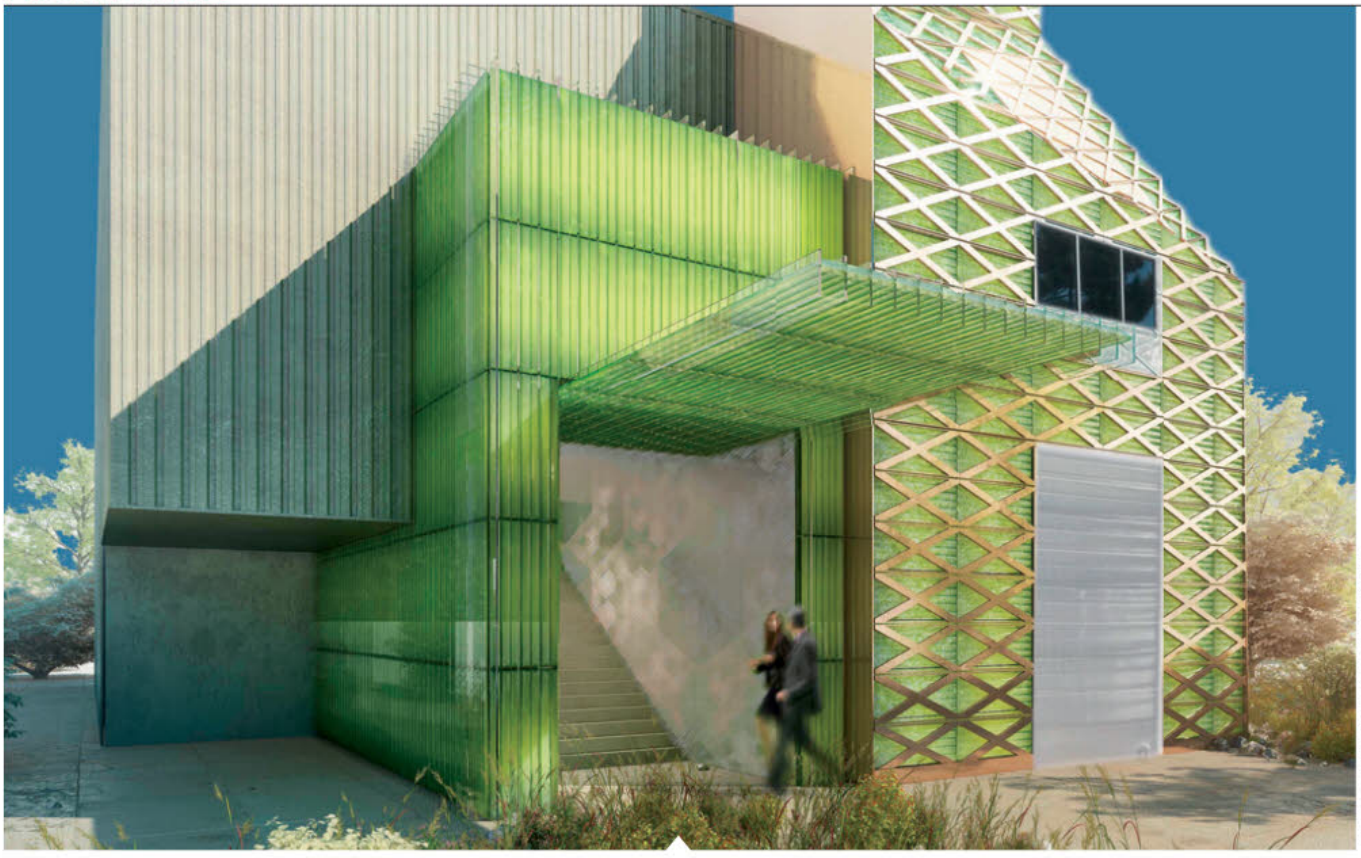
légende des Kraken, ces monstres à longs bras qui faisaient chavirer les navires dans la mythologie scandinave. Mais le scientifique ne s'est jamais laissé emporter par ces fantasmes. *« Les géants sont peu nombreux, mais ils représentent une partie importante de l'alimentation des cétacés*, explique-t-il. *Je m'en suis rendu compte après avoir eu accès à des estomacs de baleines prélevés dans le cadre de la chasse scientifique. Mais on ne connaît que très peu de chose sur eux. C'est cela qui m'a conduit à m'y intéresser. »*
Une passion qu'il sait transmettre à ses équipes. *« Même s'il est très occupé, il prend le temps d'expliquer les spécificités des calmars de façon très compréhensible*, raconte Sakie Haruna, son assistante de 22 ans. *Grâce à lui, je me suis moi aussi attachée aux calmars et à leur étonnante diversité. »*
Nourri dans sa jeunesse aux films du commandant Cousteau, ce fils d'un architecte et d'une mère au foyer s'est très tôt passionné pour la vie aquatique, brûlant de parcourir le monde. *« J'ai d'abord pensé devenir marin, mais j'avais une trop mauvaise vue*, se souvient-il. *Alors, je me suis tourné vers l'océanographie. »* Fuyant la baie polluée de Tokyo et les révoltes d'étudiants de la fin des années 1960, il décide d'étudier à l'université de Hokkaido, au nord de l'archipel, puis séjourne un an aux États-Unis. À 28 ans, il est rappelé au Japon pour remplacer le spécialiste des calmars au musée des Sciences naturelles de Tokyo. La voie qui le mènera des années plus tard au calmar géant est tracée. Depuis, sa connaissance de cet animal est unique au monde, s'étendant même au domaine culinaire. *« J'y ai goûté un jour*, se rappelle-t-il d'un air écœuré. *Mais l'animal est très chargé en ammonium pour réguler sa flottaison et le liquide donne un goût amer à sa chair. »*
Loin du grand large, Tsunemi Kubodera est accaparé par ses obligations de directeur des collections au musée des Sciences naturelles. Une exposition sur la mer des grandes profondeurs est en préparation pour cet été. Tous ceux qui ont travaillé avec lui saluent son *« esprit d'équipe »* et sa *« gentillesse »*. *« En tant que chef de l'expédition, il a eu une approche très douce*, assure l'océanographe américaine Edith Widder qui a participé à l'expédition d'Ogasawara. *Il ne cherche jamais à s'imposer. »* Malgré sa renommée, le scientifique a gardé son mode de vie spartiate sur le campus. Pendant la semaine, il habite seul dans une chambre de 9 mètres carrés, ne rejoignant sa famille à Tokyo que le week-end. Mais sa soif d'expédition est loin d'être étanchée. Tsunami Kubodera espère en savoir plus sur le mode de vie du céphalopode en se rendant au large de Hokkaido cette année. *« J'étouffe dans mon bureau*, confie-t-il. *Il est temps de repartir ! »* ■ **De Tokyo, Marie Linton**

« En tant que chef de l'expédition, il a eu une approche très douce... Il ne cherche jamais à s'imposer »

Edith Widder, océanographe et biologiste, qui a participé à la plongée au large des îles Ogasawara

NHK/NEP/DISCOVERY CHANNEL/EPA/MAXPPP

D'une longueur totale de 8 m, ce calmar géant a été filmé par Tsunemi Kubodera dans son habitat naturel, après 400 h de traque. Extraits à voir sur sciencesetavenir.fr



MANUELLE GAUTRAND, AXEL SCHOENERT ENNESYS

Les bassins de culture, ici sur un immeuble pilote à la Défense (vue d'artiste), sont visibles (à gauche) ou masqués par une résille (à droite).

Des murs d'algues pour des bâtiments plus verts

Grâce à des cultures de microalgues dans des panneaux fixés en façade, les bâtiments pourraient diviser leur facture de chauffage et d'électricité par deux et même produire de l'énergie.

Les architectes sont en train de franchir une nouvelle étape dans le mariage du bâtiment avec la nature : après les façades végétales à vocation décorative, voici les murs « actifs », jouant un rôle dans la dépollution et la production d'énergie ou de substances valorisables. Il s'agit de sortes d'aquariums, posés verticalement contre les murs, dans lesquels baignent des microalgues.

À Hambourg, en Allemagne, 200 m² de « bioréacteurs » doivent être inaugurés le 25 avril en façade d'un centre d'exposition. Simultanément, deux projets similaires ont été lancés en France. L'un dans l'Est parisien, où la société Ennesys — qui avait déjà équipé un bâtiment pilote à la Défense à l'été 2012 — va recouvrir deux grandes tours, les Mercuriales. L'autre à Nantes, où les façades de la centrale de valorisation des déchets de l'agglomération vont être tapissées d'algues. Coût de l'opération : 5 millions d'euros, qui viennent d'être financés par le Grand Emprunt, lancé par le gouver-

La nature prise pour modèle

Le biomimétisme, dont les architectes s'inspirent de plus en plus à la suite des chercheurs et des ingénieurs, consiste à tenter d'imiter les performances de la nature : formes aérodynamiques des poissons, capacités d'adhésion des pattes de lézards, faculté des plantes à s'accrocher à tout support... S'inspirant des études pionnières de la chercheuse américaine Janine Benyus en 1997, l'urbaniste Luc Schuiten a ainsi créé le concept de la « ville végétale », imaginant des cités dont les bâtiments feraient de la photosynthèse et absorberaient les pluies.

200 000 à 1 million
Le nombre estimé d'espèces de microalgues. Une vingtaine sont étudiées pour servir de biocarburant.

15 à 30 tonnes à l'hectare
Leur rendement potentiel, contre 1,5 tonne pour le colza par exemple.

10 000 tonnes
La production mondiale actuelle, surtout pour la cosmétique et les compléments alimentaires.

ENNESYS

Les toits-terrasses reçoivent des bassins de culture tubulaires.

nement en 2010. Si le choix des concepteurs s'est porté sur les microalgues, c'est en raison de leur capacité à se multiplier très rapidement. Ces organismes monocellulaires, qui peuplent naturellement mers et rivières du monde entier, peuvent doubler leur biomasse toutes les quatre heures. Les bioréacteurs devront donc être vidés à intervalles réguliers (de quelques jours à plusieurs semaines) pour récolter les algues qui seront ensuite séchées pour être valorisées.

Selon les architectes, les avantages sont nombreux. « *Le premier est que nous installons une double peau qui a besoin de chaleur, et qui peut partager cette chaleur avec le bâtiment*, décrit Olivier Scheffer. *L'hiver, les bioréacteurs se comportent comme une serre en concentrant la chaleur du soleil ; l'été, les algues permettent de se passer de climatisation.* » Selon le cabinet X-TU, à l'origine du projet nantais, les besoins en chauffage et en climatisation des bâtiments équipés seront divisés par deux.

Outre la baisse de la facture énergétique, le projet de la Défense ambitionne de produire de l'énergie. « *Notre choix s'est porté sur des chlorelles, des algues robustes et productives car notre but est d'extraire l'huile de la biomasse pour produire soit de la chaleur, soit de l'électricité* », explique Jean-Louis Kindler, directeur général d'Ennesys. Un rendement énergétique qui dépasserait de 30 % celui de panneaux photovoltaïques (soit 120 kWh/an et par mètre carré de panneau).

Elles limitent l'effet de serre en fixant le CO_2

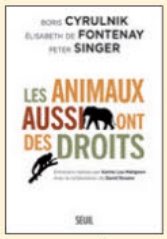
Mais les avantages ne s'arrêtent pas là. Les algues peuvent nettoyer les eaux usées des toilettes, riches en nitrates et en phosphates : une fois les déchets éliminés, elles restituent une eau épurée. Elles fixent également le dioxyde de carbone atmosphérique, contribuant à lutter contre les émissions de gaz à effet de serre. Sans compter qu'elles peuvent produire certaines substances à la demande ! À Nantes, l'espèce choisie (*Haematococcus pluvialis*) pour couvrir les façades peut fournir un puissant antioxydant, l'astaxanthine. Une molécule très recherchée par l'industrie pharmaceutique, qui se vend 6000 € le kilo.

L'avenir semble plein de promesses pour ces organismes aquatiques : les premières estimations du marché des biofaçades atteignent pas moins de 19 milliards d'euros d'ici à 2030. ■ **Loïc Chauveau**

Arnaud Devillard, Le mot et le reste, 330 p., 20 €

Grizzly Park

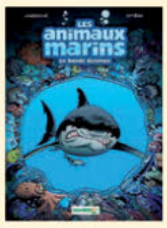
Les carnets de randonnée minutieux inspirés et drôlissimes d'un de nos collaborateurs, amoureux des grands parcs américains, entre paysages grandioses et émois intérieurs. Et une critique réussie de nos drôles de mœurs de touristes et de « managers » d'espaces naturels, pimentée par la peur des ours qui rôdent. ■ **R. M.**



Boris Cyrulnik, Élisabeth de Fontenay, Peter Singer, Entretiens avec Karine Lou Matignon et David Rosane, Le Seuil, 264 p., 18 €

Les Animaux aussi ont des droits

Donner des droits aux animaux : ce livre creuse cette idée dérangeante à travers trois entretiens captivants.
Pour le bioéthicien Peter Singer, il faut limiter la souffrance de tous les animaux et ne pas les traiter comme des humains mais accorder autant de poids à leurs intérêts qu'aux nôtres.
La philosophe Élisabeth de Fontenay retrace les grands courants de pensée et livre ses réflexions sur la mise à mort.
Les droits de l'animal ne peuvent relever selon elle, que du droit-créance (qui oblige à garantir un certain secours, par exemple) et non des droits-libertés, « *toute ratiocination autour du fait que des bêtes ne peuvent contracter et ignorent des devoirs résonnant alors comme de la mauvaise sophistique* ». L'éthologue Boris Cyrulnik nous éveille enfin au monde mental des animaux, révélé par la science depuis les années 1930, et interroge nos responsabilités de façon optimiste. Des éclairages politiques, historiques, philosophiques, juridiques et scientifiques... Un livre qui rend plus humain. ■ **R. M.**



Christophe Cazenove, Jitéry, éditions Bamboo, 48 p., 10,60 €

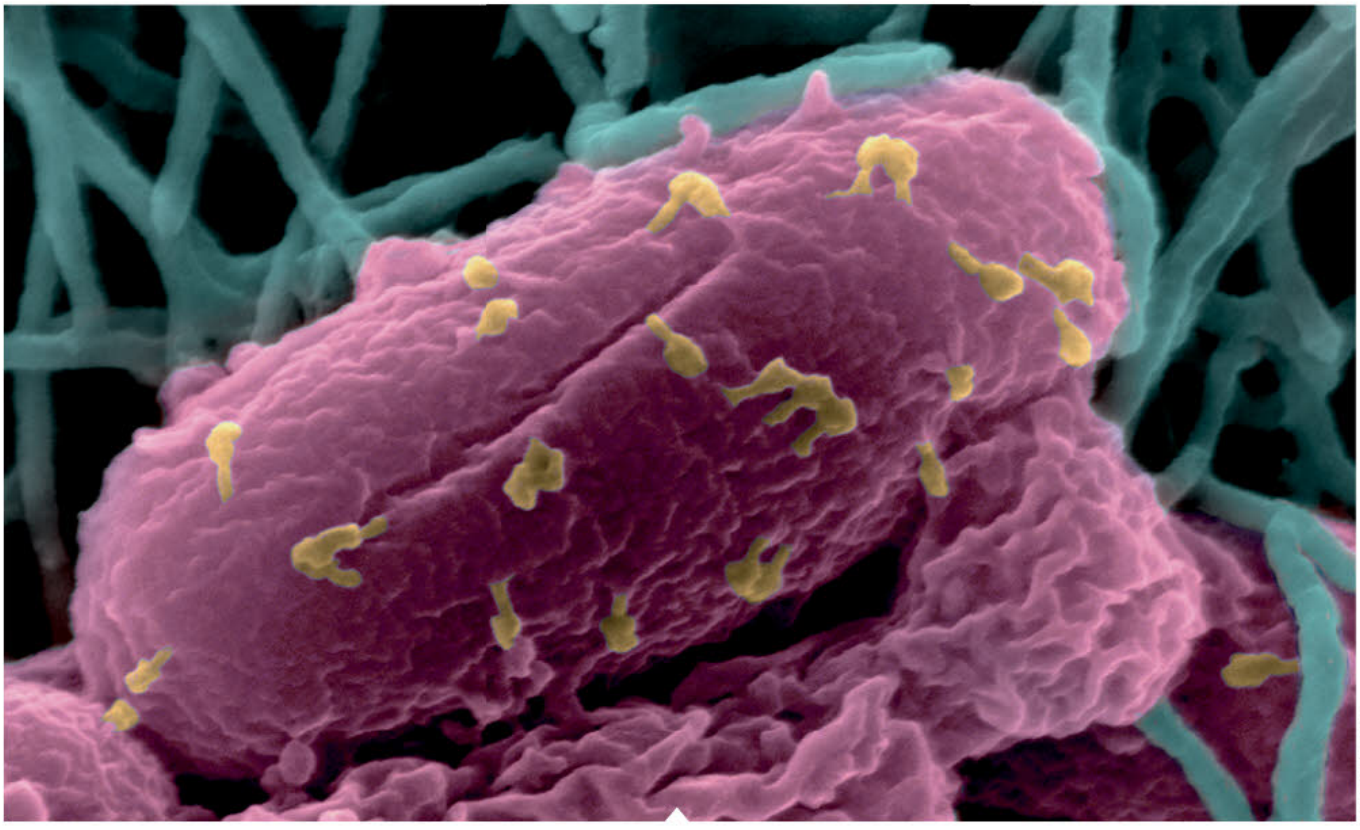
Les Animaux marins en bande dessinée

Des gags sympathiques, scientifiquement étayés, racontent le sonar du dauphin, les molécules antigel du poisson des glaces, les ventouses de la bernique... Le tout est croqué de façon impayable par Jitéry, — ancien du magazine *Pif* — et mis en scène par Cazenove, déjà auteur des *Insectes* dans la même série. ■ **R. M.**

Les virus, l'arme oubliée de la médecine

Alors que la résistance des bactéries aux antibiotiques devient de plus en plus menaçante, la phagothérapie refait surface. Cette approche traite les infections grâce à des virus qui dévorent ces pathogènes.

Par Hervé Ratel



INSTITUT PASTEUR

Les virus tueurs (en jaune) attaquent une *Escherichia coli,* une bactérie intestinale parfois pathogène.

Trente-neuf ! C'est le nombre d'opérations subies par Serge Fortuna en moins de 40 ans. Depuis ce jour de 1975 où une voiture faucha sa moto, sa vie fut rythmée par le pendule lancinant d'une jambe blessée refusant de guérir. En dépit des soins pratiqués, la plaie occasionnée par la *« fracture ouverte multifragmentaire du tibia »* s'était infectée, entraînant une gangrène due à la présence de bactéries malignes dont le staphylocoque doré.
Serge Fortuna a enchaîné greffes d'os, de muscles, de peau ainsi que de multiples curetages. En désespoir de cause, l'ombre de l'amputation commença à se profiler en 2009. *« Je m'y préparais,* témoigne-t-il, *car je ne pouvais plus marcher. J'avais commencé à me renseigner sur les prothèses, et même à lire des articles sur les douleurs des membres fantômes. »* Jusqu'à ce qu'il entende parler *in extremis* de la phagothérapie, un traitement par des virus qui — lui assure-t-on alors — serait en mesure de sauver sa jambe.

« J'étais abasourdi. Je n'avais jamais entendu ce mot auparavant. »
Serge Fortuna est loin d'être le seul à ignorer ce qu'est la phagothérapie. En France, le terme est tombé dans l'oubli, y compris chez les médecins. Pourtant, il y a un siècle, c'est un Franco-Canadien, Félix d'Hérelle qui en est le découvreur. Ce biologiste autodidacte révéla en effet dès 1917 le potentiel thérapeutique des *« bactériophages »*, des virus ayant la capacité de dévorer les bactéries, les détruisant en quelques semaines à peine. Il suffisait pour cela de les injecter dans le corps du patient et de les laisser agir *(voir l'infographie p. 70)*.

L'industrie pharmaceutique a stoppé leur expansion

D'une efficacité redoutable, ces « phages », comme on les appelle aussi, semblaient promis à un bel avenir. Le dictionnaire Vidal — la bible des médicaments en France — mentionnait même des préparations de chercheurs de l'Institut Pasteur. Mais l'arrivée sur le marché des premiers antibiotiques à l'issue de la Seconde Guerre mondiale a mis un coup d'arrêt à leur expansion. Issues d'une industrie chimique alors toute-puissante, ces molécules ont rapidement détrôné leurs concurrents viraux. Très efficaces, faciles à synthétiser, à stocker et à breveter, les antibiotiques présentaient des avantages qui faisaient défaut aux phages. Laminée par la puissance de feu de l'industrie pharmaceutique américaine, la culture des virus guérisseurs s'est peu à peu évanouie en France et en Europe. Toute l'Europe ? Non. Tenus à l'écart de la révolution antibiotique, guerre froide oblige, les pays de l'Est — essentiellement Géorgie, Pologne et Russie — ont persévéré.
Une voie d'autant plus facile à poursuivre que Félix d'Hérelle lui-même avait fondé dès 1923, avec son élève George Eliava, un institut spécialisé à Tbilissi (Géorgie) devenu le centre névralgique de toute la production de bactériophages au temps de l'Union soviétique. Et c'est précisément à l'institut Eliava, toujours en activité, que Serge Fortuna s'est rendu en novembre 2012 pour faire soigner sa jambe. *« Si j'ai entrepris ce voyage jusqu'en Géorgie, c'est uniquement parce que je n'avais pas le choix. »*
Car, en France, personne ne se risque plus à suivre la piste des phages. Les rares médecins à pratiquer la phagothérapie ont jeté l'éponge faute de soutiens. C'est le cas du docteur Alain Dublanchet, ancien chef de service au centre hospitalier de Villeneuve-Saint-Georges (Val-de-Marne), l'un des plus ardents promoteurs de la phagothérapie en France. En quinze ans de pratique, il dit avoir soigné une trentaine de patients par ce moyen. Mais, tout comme son collègue le Pr Olivier Patey, il a finalement renoncé sous la pression du directeur de leur hôpital leur demandant d'attendre une évolution de la réglementation. *« Le climat actuel n'est pas en faveur d'une liberté de prescription, surtout si le consensus n'y est pas »*, se désole le Dr Dublanchet.
Les phages souffrent en effet d'une double mauvaise réputation : ils sont collectés là où grouillent en masse les bactéries, autrement dit à la sortie des égouts. Et, circonstance aggravante, ils sont perçus comme le reliquat d'une « médecine stalinienne » à la limite du charlatanisme. *« Des idées reçues dues à l'ignorance totale de cette pratique thérapeutique »*, regrette le Dr Dublanchet. Pourtant, de l'avis de tous ceux qui s'intéressent à la phagothérapie, la médecine aurait grand besoin de réintroduire cette technique. La résistance bactérienne gagne en effet de plus en ▶

CARL DE KEYZER/MAGNUM

Depuis 1923, la capitale de la Géorgie demeure le centre mondial de la phagothérapie (ici, culture de bactérophages dans des boîtes de Petri à l'institut Eliava, à Tbilissi).

MAXPPP

« J'ai passé la moitié de ma vie à souffrir de ma jambe et aujourd'hui, c'est fini »
Serge Fortuna atteint d'une gangrène soignée par phagothérapie

plus de terrain en France comme ailleurs dans le monde et l'arsenal antibiotique atteint ses limites. Qu'elles se nomment *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumonia*, ou *Clostridium difficile*, les bactéries sont en train de gagner la guerre contre les antibiotiques car elles disposent d'une arme dont sont privés ces derniers : la faculté d'évoluer. Mises trop souvent en contact des antibiotiques — en raison de la trop grande abondance des prescriptions, y compris dans le domaine vétérinaire —, elles s'adaptent en modifiant leur génome et deviennent ainsi *« résistantes »*.

Il y a urgence à trouver de nouveaux moyens de lutte

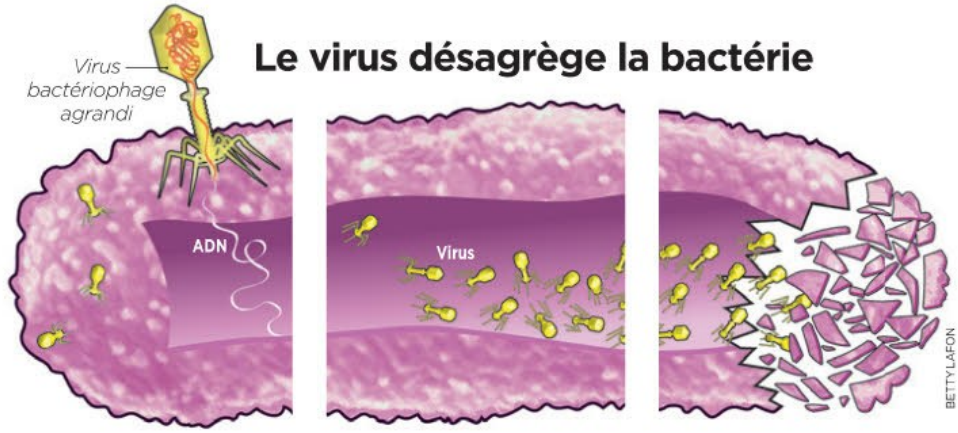
De plus, entre le moment où un antibiotique chimique, donc inerte, est découvert et celui où il est mis sur le marché, dix ans s'écoulent en moyenne, ce qui laisse largement le temps aux bactéries d'évoluer. Ainsi, année après année, l'arsenal efficace se délite peu à peu. Entre 1983 et 1987, 16 antibiotiques nouveaux ont été lancés. Entre 2008 et 2012, ils n'étaient plus que deux... *« Si nous ne trouvons pas de nouveaux moyens de lutte antibactérienne, ce sont des pans entiers de la médecine qui devront s'arrêter. Certains secteurs médicaux, la chirurgie, les soins aux prématurés, la transplantation cardiaque, ne pourront tout simplement plus fonctionner normalement »*, s'alarme le docteur Christian Perronne, chef du service des maladies infectieuses à l'hôpital Raymond-Poincaré de Garches (Hauts-de-Seine).

Si les industries pharmaceutiques rechignent à s'intéresser à ce nouveau marché, c'est bien parce que les bactériophages ne sont pas des médicaments classiques. Ni vraiment inertes, ni vraiment vivants, les virus échappent au cadre réglementaire actuel sur les produits de santé. Comme pour tout médicament, leur efficacité devrait être éprouvée par des études cliniques, mais aucune compagnie ne s'y risque : les phages n'étant pas brevetables, les industriels ne voient pas d'intérêt économique à investir massivement. Rares sont ceux à s'y risquer.

Parmi ces exceptions, le britannique Ampliphi Biosciences ou le français Pherecydes pharma, créé en 2007, qui sont en train de mettre au point des cocktails de phages. *« 60 % de l'antibiothérapie étant en échec, c'est la seule façon de gagner la guerre contre les bactéries »*, justifie Jérôme Gabard, président du directoire de Pherecydes pharma. Mais le Dr Dublanchet doute de la viabilité de cette solution. *« Faire des mélanges de plusieurs phages n'empêchera pas les copies et la fraude sur les brevets. Il faudrait changer de paradigme pharmacologique*, propose-t-il. *Partir en priorité des besoins ressentis et définir ensuite des centres agréés pour utiliser les bactériophages et mettre en place une politique de thérapie très personnalisée. »* Toutefois, rien de tel ne se profile pour l'instant. Un blocage d'autant plus absurde que l'industrie alimentaire a, de son côté, parfaitement compris l'utilité des bactériophages *(lire l'encadré ci-dessous)* et n'hésite pas à les employer sans état d'âme.

En attendant, *« des milliers de patients se rendent chaque année dans mon institut »*, affirme Revaz Adamia, directeur de l'institut Eliava, à Tbilissi, en Géorgie, pour faire soigner leurs infections ostéo-articulaires ou pulmonaires au tarif de 2000 € environ la cure. *« Après vingt jours de traitement, ma plaie s'était totalement refermée et je pouvais de nouveau poser le pied par terre. Je n'en revenais pas ! »*, se réjouit Serge Fortuna, qui est retourné à Tbilissi en février pour une visite de contrôle. Aucune récidive bactérienne en vue. Pour lui, la vie peut repartir du bon pied. ■

Le virus désagrège la bactérie



Injection de l'ADN du bactériophage à l'intérieur de la bactérie. Le matériel génétique viral sera traduit, conduisant à la fabrication de nouveaux virus.

Multiplication des phages au sein de la bactérie. Quelques minutes leur suffisent pour se répliquer en masse et totalement coloniser la bactérie.

Lyse de la paroi bactérienne grâce à des enzymes libérées par les phages. Des centaines de virus s'échappent pour aller infecter d'autres bactéries.

5,5 %
des nouveaux cas de tuberculose par an dans le monde sont des formes multirésistantes de la maladie.

25 000 patients
décèdent chaque année dans l'Union européenne de l'une des cinq bactéries multirésistantes les plus fréquentes.

SOURCE : CENTRE D'ANALYSE STRATÉGIQUE, NOVEMBRE 2012.

MICREOS BV

AGRO-ALIMENTAIRE

Des phages répandus sur les fromages

Les autorités sanitaires ont donné leur feu vert au Listex, une préparation de phages destinée à lutter contre la *Listeria*, un bacille responsable d'infections potentiellement mortelles. Même s'il refuse de donner leurs noms, Mark Offerhaus, P-DG de la société néerlandaise Micreos Food Safety, reconnaît avoir des clients français. Les industriels de l'agro-alimentaire le répandraient sur leurs fromages ou viandes mais *« seulement pour des aliments français produits hors de France »*. L'activité de la société ne se résume pas à la sécurité alimentaire et Mark Offerhaus annonce pour dans quelques mois la commercialisation d'un produit « révolutionnaire » dérivé de bactériophages, une enzyme destinée à la médecine humaine.

Par le Dr Pierre Miquel

9 %

des personnes atteintes de psoriasis souffrent de la forme articulaire de la maladie, selon une vaste étude menée sur 5 millions de personnes aux États-Unis. Les facteurs aggravants associés à ces arthrites psoriasiques sont l'obésité (70% d'augmentation du risque), la sévérité de l'atteinte cutanée (trois fois plus) et la durée de la maladie (sept fois plus au-delà de dix ans).

Rheumatology, mars 2013.

MÉDECINE

Les liaisons complexes du tabac et du diabète

Trois enquêtes menées auprès de 90 000 sujets âgés de plus de 20 ans montrent que le tabagisme augmente d'un tiers le risque de diabète gras chez les hommes en surpoids. À l'inverse, le tabagisme réduit de moitié le risque de diabète de type 1, d'apparition tardive et progressive. Peut-être en inhibant le processus auto-immun de ce diabète dit maigre.

Diabetes Care, mars 2013.

B. BOISSONNET/BSIP

Le recours aux traitements est plus fréquent par temps instable.

ALLERGOLOGIE

Avec l'orage, survient l'asthme

Les perturbations atmosphériques pourraient favoriser le déclenchement d'épidémies de crises d'asthme. C'est du moins ce que suggèrent plusieurs études conduites au cours des deux dernières décennies en Europe, en Amérique du Nord et en Australie. En période fortement orageuse, et particulièrement en juin et juillet, ont été rapportés des épisodes en série de gêne respiratoire et de bronchospasme chez des asthmatiques. Un recours plus fréquent aux traitements par inhalation ainsi qu'une forte augmentation (de 30 à 70 %) des hospitalisations en service d'urgences ont également été observés. Ces exacerbations de crises d'asthme seraient liées à la présence et à la dispersion dans l'air de fractions de pollen et de spores de moisissures (*Cladosporium*, *Alternaria* et *Didymella* notamment). Mais d'autres facteurs interviennent probablement, comme la pollution. Les asthmatiques fragiles devraient tenir compte de ce risque.

Quarterly Journal of Medicine, mars 2013.

NEUROLOGIE

Fibrillation auriculaire : gare au déclin cognitif

La fibrillation auriculaire est très fréquente puisqu'elle peut affecter jusqu'à 25 % des adultes à partir de 40 ans. L'analyse d'une vingtaine d'études montre que ce trouble du rythme cardiaque est significativement associé à l'apparition ultérieure d'un déclin cognitif, qu'il s'agisse d'un simple déficit mnésique ou d'une démence (vasculaire ou du type Alzheimer). Cette augmentation du risque, qui est de 30 %, s'observe même en l'absence d'antécédents d'accident vasculaire cérébral. D'où l'importance du diagnostic et d'un traitement précoce de cette arythmie.

Annals of Internal Medicine, 5 mars 2013.

CARDIOLOGIE

Les cardiaques vivent mieux grâce au tai-chi

Si cette gymnastique d'origine chinoise ne modifie pas les paramètres tensionnels (pressions artérielles systolique et diastolique) et fonctionnels (épreuves d'effort) chez les cardiaques, elle améliore, en revanche, leur qualité de vie. C'est ce qui ressort de l'analyse de quatre études fiables, puisque conduites selon la procédure des essais randomisés et regroupant au total 250 personnes. Le tai-chi pourrait donc être inclus dans les programmes de réadaptation cardiaque.

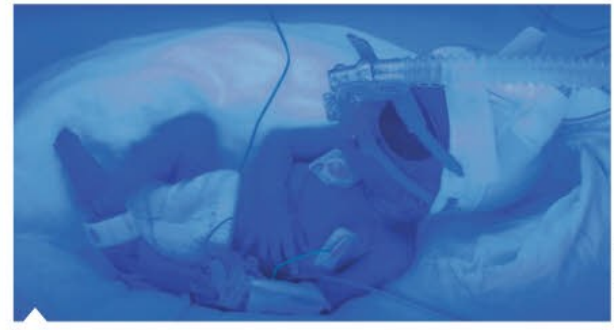
European Journal of Heart Failure, mars 2013.

PÉDIATRIE

La voix rauque des prématurés

Parmi les nouveau-nés extrêmement prématurés — nés après moins de 25 semaines d'arrêt des règles de la mère —, près de 60 % souffriront de dysphonie modérée à sévère entre 6 et 15 ans, selon une enquête regroupant une centaine d'enfants. Cette séquelle mineure mais psychologiquement invalidante se caractérise par une raucité (voix rauque) s'accompagnant d'un souffle avec peu d'harmoniques dans les aigus. Elle est liée aux intubations répétées (plus de cinq) et touche davantage les filles que les garçons.

Pediatrics, 1er mars 2013.



VOISIN/PHANIE

Les prématurés intubés font de la dysphonie entre 6 et 15 ans.

GARO - PHANIE

Les femmes sont majoritairement touchées par cette affection qui peut entraîner la paralysie.

Des cellules souches contre la sclérose en plaques

Le premier essai thérapeutique à base de cellules souches prélevées sur les patients pourrait ouvrir une voie prometteuse pour soigner cette maladie neurologique très invalidante.

TOUS LES REGARDS VONT SE TOURNER vers Gênes, lors de la 5e édition de la journée mondiale consacrée le 29 mai à la sclérose en plaques (SEP), cette maladie neurologique encore bien énigmatique. C'est en effet d'Italie que va être piloté le premier essai thérapeutique à base de cellules souches adultes, ces cellules indifférenciées qui ont la particularité de pouvoir se transformer en certaines cellules de l'organisme. Baptisé Mesems (Mesenchymatal Stem Cells for Multiple Sclerosis), l'essai européen démarre ce printemps dans le service d'Antonio Uccelli, au département de Neurosciences de l'université de Gênes, avant de s'étendre à la France, à l'Allemagne, au Danemark, au Royaume-Uni et à l'Espagne. L'étude concernera 160 patients au total, dont 12 Français répartis dans plusieurs centres (Lille, Marseille, Toulouse, Bordeaux). Un espoir de traitement immense face à une maladie représentant la première cause de handicap non traumatique en France, avec plus de 80 000 personnes touchées, dont deux tiers de femmes, sans que cette particularité soit expliquée.

Le principal mystère que les chercheurs aimeraient lever dans cette

MYÉLINE Substance constituée principalement de lipides qui entoure les axones des neurones. L'intégrité de cette gaine assure la bonne propagation de l'influx nerveux.

CELLULES SOUCHES MÉSENCHYMATEUSES (CSM) Ce sont des cellules souches adultes pouvant être isolées dans différents tissus (moelle osseuse, graisse). Elles peuvent produire un nombre limité de types différents de cellules spécialisées et sont dites multipotentes.

OLIGODENDROCYTES Cellules de la névroglie interstitielle (tissu de soutien des neurones), qui jouent un rôle essentiel dans la formation de la myéline.

affection auto-immune est de comprendre pourquoi le système immunitaire des malades s'emballe pour attaquer ses propres cellules nerveuses. En l'occurrence, ce sont les lymphocytes T et B — les cellules censées défendre l'organisme contre les agressions — qui détruisent peu à peu la myéline, une gaine graisseuse qui entoure les fibres nerveuses et assure la bonne propagation de l'influx nerveux. Résultat : une moins bonne transmission des messages en provenance ou à destination du cerveau, d'où une paralysie.

L'inflammation n'est pas seulement locale

« *Dans 85 % des cas, la maladie démarre avec des poussées marquées par des douleurs, des troubles visuels et de l'équilibre. Ces formes, dites rémittentes, sont à distinguer des formes progressives, qui représentent 15 % des cas, la maladie s'installant alors d'emblée et sans poussée,* détaille le Pr Thibault Moreau, neurologue au CHU de Dijon et président du comité médico-scientifique de la Fondation pour l'Aide à la recherche sur la sclérose en plaques (Arsep). *Tous stades confondus, on considère qu'au bout de sept ans d'évolution, 50 % des patients subissent une gêne à la marche. Après dix-sept ans, 50 % doivent s'aider d'une canne et après trente ans, un patient sur deux est en fauteuil roulant.* »
Mais les mécanismes de la SEP sont complexes, autant génétiques qu'environnementaux. En 2011, une vaste étude internationale parue dans la revue *Nature* a identifié 29 gènes de prédisposition et des liens épidémiologiques ont été retrouvés avec la consommation de tabac, une infection ancienne par le virus d'Epstein-Barr ou le manque de vitamine D. Dans le même temps, les connaissances fondamentales ne cessent de progresser, ouvrant de nouvelles pistes. « *Nous avons longtemps cru que la maladie était uniquement limitée à la substance dite blanche, dépourvue de neurones. Aujourd'hui, cette vision est dépassée* », détaille le Pr Patrick Vermersch, du CHRU de Lille. Ainsi, les chercheurs savent désormais que le système nerveux est atteint dans sa totalité. « *Nous pensions également que l'inflammation était purement locale. Or, de récents travaux, isolant des follicules dits lymphoïdes au niveau des méninges, ont montré que l'inflammation était à la fois compartimentée et diffuse* », poursuit le Pr Vermersch. De même, les chercheurs ont établi que les astrocytes — des cellules nerveuses distinctes des neurones — et les cellules de la microglie jouent un rôle actif. Elles sécrètent des substances, des cytokines, qui ont un effet délétère sur les neurones. « *Ce qui demeure inconnu, ce sont les mécanismes de cette activation* », explique le Pr Vermersch.
Plusieurs types de traitements sont aujourd'hui disponibles : les interférons bêta ou l'acétate de glatiramère pour essayer d'endiguer les poussées ; des « immunomodulateurs » diminuant l'activité du système immunitaire, et donc les attaques sur le système nerveux ; des « immunosuppresseurs », pour les formes les plus agressives et progressives. « *Malheureusement, aucun des différents médicaments utilisés n'agit directement sur la myéline. Nous avons tout de même de bonnes raisons de croire que l'administration précoce des molécules dont nous disposons pourrait à terme exercer un effet neuroprotecteur et donc ralentir la progression du handicap* », reprend le Pr Vermersch.

2,5
millions de malades dans le monde

80 000
malades en France

2000
nouveaux cas par an en France

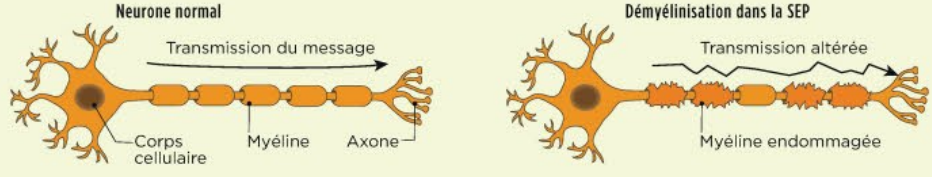
30 ans
L'âge moyen de la découverte de la maladie

Un anticorps pourrait limiter la progression du handicap

De très nombreuses autres substances sont actuellement en phase d'essais cliniques (plus de 60), certaines ayant déjà atteint le stade 3, le plus avancé des tests sur l'homme. « *Au moins trois d'entre elles devraient être commercialisées en 2014*, précise le Pr Moreau. *Il s'agira surtout de formes orales qui remplaceront peut-être les traitements des poussées.* » Une autre molécule, l'alemtuzumab, déjà utilisée pour traiter certaines ▸

La gaine protectrice est attaquée

La SEP affecte les neurones, les cellules du système nerveux central, en détruisant la myéline, membrane biologique qui isole et protège les fibres nerveuses. Constituée de graisses et de protéines, cette gaine protectrice est, pour des raisons inconnues, le lieu d'une réaction inflammatoire due à une attaque par les propres cellules immunitaires du malade, les lymphocytes B et T. Cette destruction entraîne une moins bonne conduction de l'influx nerveux.



SYLVIE DAOUDAL

DR

« Le maniement des traitements devient plus complexe. Cela impose que la balance entre les bénéfices et les risques soit mûrement pesée »

Pr Thibault Moreau Neurologue au CHU de Dijon, président du comité médico-scientifique de la Fondation pour l'Aide à la recherche sur la sclérose en plaques

leucémies, est aussi très attendue. *« C'est un anticorps monoclonal qui agit à la fois sur les lymphocytes B et T porteurs d'un antigène spécifique. Il a donné des résultats encourageants car il s'est révélé très puissant pour bloquer les poussées mais aussi limiter la progression du handicap »*, poursuit le spécialiste. Une autre substance, encore expérimentale celle-ci, l'anti-LINGO-1, pourrait agir directement sur le mécanisme de réparation de la myéline. *« Les essais préliminaires menés chez l'animal sont prometteurs »*, assure le Pr Vermersch. Autre piste potentielle, toujours chez la souris, les hormones mâles. Un travail du CNRS paru cette année dans la revue *Brain* (janvier 2013) a montré que la testostérone pouvait induire la régénération de cellules, les oligodendrocytes, stimulant la remyélinisation.

Une molécule efficace mais qui peut être dangereuse

Mais les spécialistes sont confrontés à un problème majeur : si la panoplie des traitements de la SEP est en train de s'élargir, *« leur maniement devient aussi plus complexe, imposant que la balance entre les bénéfices et les risques soit mûrement pesée »*, insiste le Pr Moreau. Exemple avec une molécule disponible depuis 2007, le natalizumab (Tysabri, laboratoires Biogen et Elan), utilisée en cas d'échec des immunomodulateurs. Très efficace, elle peut aussi se révéler redoutable. Inscrite sur la liste des médicaments à surveiller de la revue indépendante *Prescrire*, elle peut en effet, chez certaines personnes porteuses d'anticorps contre le virus dit JC — soit environ un patient sur deux — provoquer une complication gravissime : l'encéphalite LEMP (leucoencéphalite multifocale progressive), qui survient environ chez un malade traité sur 1000.

Dans ce contexte, le nouvel essai sur les cellules souches, qui se démarque des autres approches de recherche, suscite un véritable espoir. *« Nous allons prélever des cellules souches mésenchymateuses dans la moelle osseuse des patients. Puis nous allons les mettre en culture pour qu'elles se multiplient avant de les réinjecter à chaque malade par voie veineuse en une seule injection. On sait que ces cellules ont des propriétés à la fois anti-inflammatoires et pouvant moduler l'immunité. Peut-être se révéleront-elles aussi neuroprotectrices ? »* espère le Pr Michel Clanet, chef du service de neurologie au CHU de Toulouse, qui pilotera pour l'Hexagone cet essai pionnier. Autrement dit, les chercheurs espèrent que les cellules souches pourront directement réparer la myéline manquante et bloquer l'évolution du handicap. L'inclusion prévoit d'inclure des malades atteints de formes agressives et résistantes aux traitements habituels. Premiers résultats d'ici un à deux ans. ■ **Sylvie Riou-Milliot**

POUR EN SAVOIR PLUS

29 mai : journée mondiale

Informations sur les rencontres en France
- http://lamaisondelasep.com

De nombreux guides sont disponibles sur les sites suivants
- www.ligue-sclerose.fr/Actualites/La-journee-mondiale-contre-la-sclerose-en-plaques
- www.sep-info.fr
- www.arsep.org
- www.msif.org/fr

DOULEURS MUSCULAIRES

Bientôt un médicament à base de cannabis en France ?

Le Sativex (laboratoire Bayer) est déjà autorisé depuis 2005 au Canada, et depuis quelques années aux États-Unis, en Suisse et au Royaume-Uni. Mais pas en France, car les principes actifs de ce médicament, qui se présente sous la forme d'un spray lingual, sont des cannabinoïdes, dérivés du cannabis, dont l'usage thérapeutique est interdit dans notre pays. Or de nombreuses études (*Neurology*, 2002) ont démontré son efficacité pour traiter les douleurs musculaires. La ministre de la Santé, Marisol Touraine, vient toutefois de se prononcer en faveur de sa mise sur le marché, et a donc demandé début mars à l'Agence du médicament d'examiner le dossier. Si la réponse de l'agence est positive, ce sera alors au pouvoir politique de décider d'abroger ou non l'arrêté en interdisant l'usage.

SATIVEX

Les principes actifs de la plante sont déjà utilisés en thérapie dans plusieurs pays.

L'ANALYSE de Sciences et Avenir

POLÉMIQUE SUR LE DSM-5

Le manuel des maladies mentales sous le feu des critiques

La nouvelle édition de la bible des psychiatres paraîtra fin mai. Vingt ans après la dernière version, cette révision a donné lieu à d'intenses discussions.

Cet ouvrage américain sert de référence dans le monde entier

Le DSM-5, la cinquième version du *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, décrit l'ensemble des pathologies mentales recensées. Élaboré par 13 groupes de travail de l'Association de psychiatrie américaine (APA), cet ouvrage de 1000 pages est d'une importance cruciale puisqu'il sert de référence aux psychiatres, aux laboratoires pharmaceutiques, aux assurances-maladie, aux mutuelles et aux chercheurs de tous les pays.

On peut le précommander en ligne sur le site du congrès annuel de l'APA qui se tient du 18 au 22 mai à San Francisco. La première édition, parue en 1952, recensait 60 maladies mentales, la version actuelle — le DSM-IV — publiée en 1994 en compte près de 400. Le DSM-5 pourrait en décrire encore davantage (on parle de 500).

Sa mise au point a suscité des milliers de commentaires

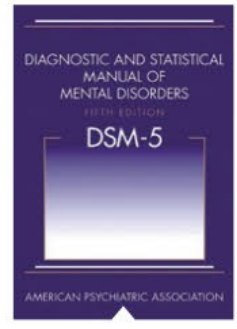
Le DSM-5 a été volontairement ouvert à la critique pendant son élaboration entre 2010 et juin 2012, ce qui a permis aux professionnels d'exprimer un très grand nombre de protestations. Pas moins de 12 000 courriers et 13 000 commentaires auraient été émis, selon l'APA. Certains ont reproché au comité du DSM-5 de vouloir classer au rang des troubles mentaux des réactions normales (par exemple, le chagrin lié au deuil), d'autres de baisser le seuil des critères diagnostiques pour augmenter les prescriptions médicamenteuses...

Il a également été souligné par Lisa Cosgrove, de l'université Harvard, à Cambridge (*Plos one* 2012), que 69 % des experts des groupes de travail déclaraient des liens avec l'industrie pharmaceutique (contre 57 % pour le DSM-IV).

Les groupes de travail ont cédé sous la pression

À quoi peut-on s'attendre de neuf dans cette version ? « *La liste des critères diagnostiques arrêtée en décembre 2012 ne devrait comporter finalement que peu de nouveautés*, explique Julien-Daniel Guelfi professeur émérite de psychiatrie très impliqué dans l'élaboration du DSM depuis trente ans. *Il y avait beaucoup de propositions originales, mais un recul de tous les groupes de travail a été opéré, au prétexte qu'elles n'étaient pas encore suffisamment validées scientifiquement.* »

De ce fait, le soufflé DSM-5 pourrait bien retomber. Entre autres, a été remisé en annexe le nouveau « syndrome de psychose atténué » qui visait à diagnostiquer chez des jeunes un risque de développer un trouble psychotique. D'après l'APA, deux tiers des enfants répondant aux critères n'évoluaient pas vers une psychose et risquaient donc de recevoir des médicaments pour rien. Dans le domaine des troubles de l'humeur, le « trouble mixte d'anxiété-dépression » a également été annulé pour cause de contours trop vagues. « *A été soulevé le risque d'augmenter la pathologie mentale dans la population générale conduisant à des prescriptions injustifiées* », poursuit Julien-Daniel Guelfi.



Près de 500 troubles mentaux seraient recensés dans la nouvelle version, contre 60 dans la première édition de 1952.

Autisme et hyperactivité seront mieux circonscrits

Autre foire d'empoigne, au sujet de l'autisme. « *Une proposition a été faite pour réduire le champ de l'autisme afin d'en faire une catégorie plus homogène chez les enfants, pour faciliter notamment la reproduction des études. C'est en partie retenu. Les autres cas entreront dans un groupe large dit de spectre autistique.* » Les critères pour le trouble déficit d'attention/hyperactivité (TDAH) ont été également resserrés, ce qui pourrait avoir pour conséquence de diminuer le nombre d'enfants qui recevront ce diagnostic.

Au final, si certains ont décidé de s'opposer vent debout au nouveau manuel (*lire l'interview de Maurice Corcos*, S. et A. *n° 779, décembre 2011*), d'autres, comme le professeur Guelfi, appellent à le prendre seulement pour ce qu'il est, « *un outil de recherche qui, utilisé tout seul, ne fait pas avancer les connaissances de la maladie mentale* ». ■ **ElenaSender**

Que valent les boissons aromatisées à base de vin ?

Consommés comme apéritifs depuis fort longtemps, les vins coupés de jus de fruits sont de plus en plus développés par les industriels, et leurs ventes connaissent un boom spectaculaire. Le point sur ces boissons peu alcoolisées mais très sucrées.

Par Marie-Noëlle Delaby

Fruitées, fraîches, originales, plus légères en alcool que les vins purs, les boissons aromatisées à base de vin (BABV) s'imposent parmi les apéritifs dès que les beaux jours arrivent, dans le sillage du rosé-pamplemousse, devenu un vrai phénomène. Si la pratique consistant à couper le vin avec divers aromates, du miel, ou des fruits remonte à l'Antiquité, les industriels ne se sont pas trompés en remettant au goût du jour ces cocktails : « *Le rosé est un vin moins sacralisé que le rouge ou le blanc, on peut donc davantage innover*, explique Gilles Masson, directeur du Centre d'expérimentation et de recherche sur le vin rosé, à Vidauban (Var). *Selon les goûts de chacun, il n'est pas rare d'y adjoindre des glaçons, une boule de glace ou un trait de jus de fruit, particulièrement le pamplemousse, apprécié pour son acidité.* » Ces habitudes ont inspiré aux limonadiers l'idée de proposer des prémix (mélangés à l'avance).

Lancés en 2009 par le groupe Michel Picard avec sa marque Arômes & Vin, suivi par Castel et son Very Pamp' désormais leader, et de Marie Brizard, avec Fruits and Wine, les BABV représentent un chiffre d'affaires de 13,5 millions d'euros en 2011. Les ventes en supermarchés ont bondi de près de 230 % tant en volume qu'en valeur entre 2011 et 2012, selon l'agence Symphony IRI Group. Le concept se décline désormais à l'envi, du rouge-griotte au blanc-citron vert en passant par le blanc-pêche ou le rouge-mûre. Des breuvages dont la saveur sucrée et l'emballage aux couleurs acidulées ne doivent pas faire oublier qu'il s'agit de boissons alcoolisées... à consommer avec modération.

5 MILLIONS
de bouteilles vendues en 2011

Le marché des boissons aromatisées à base de vin est en forte croissance alors que la consommation de vin par habitant et par an en France est tombée à 52,6 litres, contre 160 litres en 1960. La part de non-consommateurs dans la population de plus de 14 ans, en constante augmentation, atteint aujourd'hui environ 40 %.

Il ne faut pas les confondre avec les boissons au vin

Rosé-pamplemousse et mélanges analogues sont considérés comme des boissons aromatisées à base de vin (BABV) : elles appartiennent à la famille des vins d'apéritifs (1), c'est-à-dire contenant moins de 22 % de volume d'alcool et dont le vin constitue le principal ingrédient. Elles titrent en fait moins de 14,5 % de volume d'alcool et doivent contenir au moins 50 % de vin sans alcool ajouté. Les 25 à 50 % restant se composent d'un mélange d'eau, de sucre, de jus et de sirop de fruits, ainsi que d'arômes naturels et de synthèse de fruits. Attention à ne pas confondre les BABV avec les vins aromatisés tels que le porto, le xérès ou le Martini ! Ceux-ci sont élaborés avec au moins 75 % de vin et additionnés d'alcool pour leur permettre de titrer plus de 14,5 %.

COLLAGE Opération qui consiste à clarifier le vin en fin de fermentation pour éliminer tous les résidus organiques en suspension dans les cuves ou les barriques. Les protéines de lait ou d'œuf créent un voile à la surface du vin qui descend lentement au fond de la cuve, entraînant toutes les particules avec lui.

UNITÉ D'ALCOOL Ce terme est utilisé pour définir la quantité d'alcool contenue dans un verre ou une bouteille. Pour se repérer, on peut dire qu'une unité d'alcool correspond à 10 grammes d'alcool pur. Cette mesure universelle permet d'estimer sa consommation au regard des seuils de consommation à moindre risque, soit 20 g d'alcool pur par jour pour une femme et 30 g pour un homme.

Elles ne bénéficient pas d'appellations d'origine

A l'heure actuelle, les BABV sont toutes fabriquées à partir de vins français. Cependant, ces derniers sont des vins sans indication géographique, anciennement appelés vins de table (2). Il s'agit de vins d'assemblage, obtenus en mélangeant le produit de différents cépages et de différentes parcelles, qui, selon la loi européenne — et contrairement aux vins de pays ou aux AOC —, ne sont pas soumises à l'obligation de provenir d'un vignoble précis mais seulement d'un même pays. L'étiquetage doit simplement mentionner le nom de l'État membre producteur.

Les fruits sont souvent des arômes

Les BABV se composent pour 25 à 50 % d'un mélange d'eau, de sucre, de jus et de sirop de fruits, mais aussi d'arômes naturels et de synthèse de fruits. À noter que les arômes naturels ne sont pas nécessairement extraits du fruit mis en avant par le fabricant, il suffit qu'ils soient issus d'ingrédient « naturels » et non de synthèse. Ainsi, les arômes utilisés pour parfumer le rosé-pamplemousse ne sont pas exclusivement des arômes de pamplemousse, mais peuvent être pour partie des arômes de citron ou de pomme.

Elles sont très sucrées et caloriques

Certes, à l'encontre des idées reçues, le vin ne contient quasiment pas de sucre (environ 3 g pour 100 ml) contrairement au raisin (12,2 g aux 100 g), car la fermentation transforme ce sucre en alcool. Mais si un gramme de sucre fournit 4 kcal d'énergie, un gramme d'éthanol apporte 7 kcal ! À cela il faut ajouter l'apport dû au sirop ou au jus de fruit concentré. Conformément à la réglementation européenne, les producteurs n'ont actuellement aucune obligation d'indiquer la liste des ingrédients contenus dans le produit, ni les informations nutritionnelles associées. Mais on peut toutefois estimer la valeur énergétique d'un verre de 10 cl de BABV à environ 100 kcal. En comparaison et à contenance égale, un verre de vin rosé représente en moyenne 70,5 kcal, un verre de Kir au vin blanc 90 kcal et un verre de jus de pamplemousse pur jus 38 kcal (3).

Elles renferment des produits potentiellement allergènes

Les BABV peuvent contenir des additifs de même nature que ceux utilisés dans les vins pour améliorer leur conservation. On y retrouve des sulfites, des dérivés du soufre aux qualités antiseptiques, utilisés pour protéger contre l'oxydation et les attaques de certaines bactéries, mais potentiellement allergènes. Leur présence doit être mentionnée sur l'étiquette lorsque le vin en contient plus de 10 mg/l, ce qui est quasiment toujours le cas. La réglementation européenne autorise en effet des taux allant jusqu'à 160 mg/l pour le rouge et 210 mg/l pour le blanc et le rosé.
Depuis le 1er juillet 2012 les vignerons ont également l'obligation d'indiquer la présence de résidus de protéines de lait (lysozyme, caséine) ou d'œuf (albumine), utilisées pour le collage des vins, au-delà de 0,25 mg/litre (4). Bien qu'aucun cas d'allergie due à la présence de ses protéines dans le vin n'ait été jusqu'ici recensé dans le monde, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Efsa) estime que ce risque ne peut être exclu (5).

Des étiquettes simplifient le déchiffrage du taux d'alcool

Enfin, si au regard de la loi, la mention du degré alcoolique est une information suffisante, certains producteurs de boissons à base de vin ont décidé d'aller plus loin. On trouve ainsi sur leur étiquette un pictogramme indiquant le nombre d'unités d'alcool contenu dans la bouteille. Le consommateur sera ainsi averti qu'une bouteille de blanc-pêche Fruits and Wine contient 5,2 unités d'alcool (6).

(1) Fédération française des vins d'apéritif : www.ffva.fr

(2) Dictionnaire Hachette des vins de France, Hachette pratique 2012.

(3) Table Ciqual 2012, composition nutritionnelle des aliments, Agence nationale sécurité sanitaire de l'alimentation, www.anses.fr.

(4) Directive européenne 2007/68/EC

(5) Scientific opinion on lysozyme in wine, Efsa Journal 2011 ; 9(10):2386, octobre 2011.

(6) 2340.fr : site d´information sur les seuils, les unités d´alcool, les conséquences d'une consommation excessive et les situations à risque liées à l'alcool.

JEAN-MICHEL LECERF Institut Pasteur, Lille

Le public féminin visé

Les boissons aromatisées à base de vins véhiculent l'image de boissons légères et touchent un public relativement jeune et féminin. Elles sont disponibles dans des conditionnements de 75 cl, mais également de 3 litres qui peuvent inciter à une consommation excessive. Or si leur consommation raisonnable ne doit pas être diabolisée, il est bon de rappeler qu'elles sont aussi nocives que les autres boissons alcooliques, notamment chez la femme enceinte, une consommation d'alcool pendant la grossesse, même ponctuelle ou modérée, pouvant entraîner des malformations graves chez l'enfant à naître.

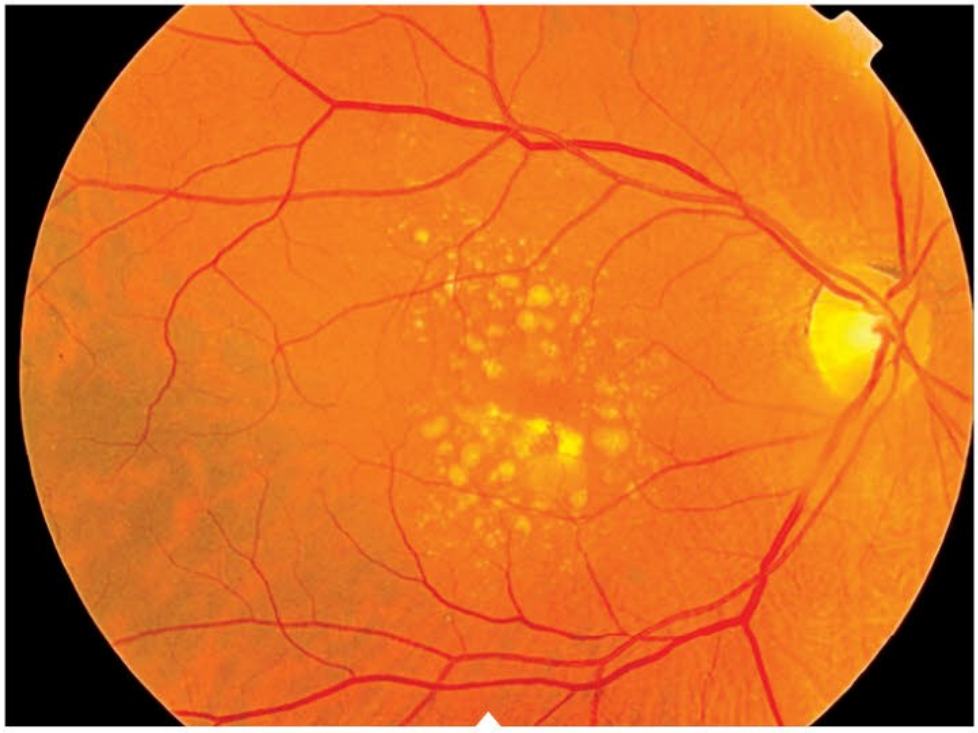
BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Un collyre anti-cholestérol pour ralentir la DMLA

Principale cause de malvoyance chez les personnes âgées, la dégénérescence maculaire pourrait être prévenue par des gouttes oculaires évacuant le cholestérol de l'œil. Un essai prometteur chez le rat.

Les injections dans l'œil utilisées pour traiter localement la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA), une grave maladie des yeux qui frappe 600 000 personnes chaque année en France, pourraient céder la place à un simple collyre. C'est en effet la piste ouverte par des chercheurs américains qui publient une étude dans *Cell Metabolism*. Selon ce travail, il serait possible de ralentir la prolifération anormale des vaisseaux qui caractérise cette affection en régulant le métabolisme du cholestérol à l'intérieur de l'œil. L'approche — qui n'a encore été testée que chez la souris — consisterait à cibler avec un collyre les cellules chargées d'évacuer le cholestérol. Celui-ci retournerait ainsi dans la circulation sanguine et ne s'accumulerait plus dans l'œil, empêchant la maladie de progresser. Cette idée inédite vient compléter l'arsenal des techniques en développement pour préserver ou restaurer la vision (*lire* Sciences et Avenir, *n° 793, février 2013*).

Pour comprendre, rappelons que le cholestérol est un lipide impliqué dans de nombreux processus biochimiques. Mais quel rapport peut-il exister entre le cholestérol et le développement de vaisseaux sanguins de la rétine ? Il n'y a pas de lien entre DMLA et taux sanguin de cholestérol. La clef s'appelle en fait macrophages. Cette catégorie de cellules immunitaires joue en effet un rôle primordial dans l'élimination du cholestérol de l'œil.



JEAN-FRANÇOIS KOROBELNIK/INSERM

Fond d'œil montrant des taches jaunes, appelées drusen, premier signe clinique de la maladie.

Le taux de DMLA dans le monde, selon l'âge

de 55 à 64 ans
12,2%

65 à 74 ans
18,3%

plus de 74 ans
29,7%

SOURCE : JOURNAL FRANÇAIS D'OPHTALMOLOGIE, 2007.

Or, elles deviennent moins performantes avec l'âge. Il en résulte des dépôts lipidiques qui entretiennent un foyer inflammatoire. Celui-ci favorise le développement de vaisseaux anormaux sous la rétine, responsables d'altérations sévères de la vision centrale. Pour l'heure, on ignore les mécanismes précis qui conduisent ces « vieux » macrophages à induire cette prolifération vasculaire. En revanche, de récents travaux ont montré qu'ils comptaient moins d'ABCA1, une protéine « transporteuse » permettant d'évacuer le cholestérol. Pour preuve, de « jeunes » macrophages dépourvus de ce même transporteur se comportent effectivement comme de « vieux » macrophages, favorisant une vascularisation anormale. D'où l'idée des chercheurs de « booster » l'expression d'ABCA1 dans ces cellules afin qu'elles puissent se débarrasser de leur cholestérol et trouver la capacité à réguler la croissance vasculaire.

Pour ce faire, l'équipe de Rajendra Apte, du département d'ophtalmologie de l'École de médecine de l'université Washington à Saint-Louis (Missouri), a utilisé des gouttes oph-

talmiques contenant un agoniste du LXR (Liver X Receptor). Cet agent stimule l'action d'un récepteur initialement découvert dans le foie et impliqué dans le métabolisme des lipides. Des études préalables ont en effet montré qu'il augmente la production du transporteur ABCA1 par les macrophages. Et les résultats des essais ont été encourageants : ainsi « dopées », les « vieilles » cellules se sont remises à fabriquer cet indispensable transporteur dans les mêmes proportions que les « jeunes ».
Restait à évaluer cette stratégie sur des souris chez lesquelles on a induit, sous l'effet d'un laser, une croissance anormale des vaisseaux sous-rétiniens, reproduisant ainsi ce que l'on observe chez les patients souffrant de DMLA. Là encore, les résultats ont été positifs. Administré en collyre, l'agoniste du LXR a permis de réduire significativement la prolifération vasculaire chez les souris traitées, les macrophages défaillants parvenant à nouveau à évacuer efficacement le cholestérol.

Il pourrait s'agir d'un progrès thérapeutique majeur

Il faut désormais poursuivre ces recherches pour confirmer ces bons résultats, et surtout les appliquer à l'homme, ce qui prendra encore de longues années. S'ils s'avéraient concluants, il s'agirait d'un progrès thérapeutique majeur dans la mesure où la fréquence de la DMLA augmente avec l'âge, représentant la principale cause de malvoyance chez les personnes de plus de 50 ans. Selon les chercheurs, *« intervenir avant que la maladie ne soit à un stade avancé avec des agents efficaces capables de stimuler la sortie du cholestérol de l'œil pourrait empêcher la progression de la maladie. Cette stratégie pourrait être déployée préventivement »*. ■

Marc Gozlan

VÉRITÉS ET MENSONGES SUR LE BACLOFÈNE

Renaud de Beaurepaire,
Albin Michel, 208 p., 15 €

Premier prescripteur français du baclofène, le psychiatre Renaud de Baurepaire revient sur ce médicament qui pourrait constituer un atout majeur dans le traitement de l'alcoolodépendance, mais qui reste dédaigné par la pharmacopée. Construit sous forme de questions/réponses, l'ouvrage se lit d'une lampée. ■

À CHACUN SON VRAI POIDS

Jean-Michel Lecerf, Odile Jacob, 160 p., 17,90 €

Voici un ouvrage écrit par l'un des meilleurs spécialistes de la nutrition qui remet au clair des notions importantes que les adeptes de la minceur à tout prix ont tendance à oublier. Oui, chacun est différent et oui, le poids idéalisé par les magazines n'a souvent rien à voir avec ce que les spécialistes nomment le poids optimal. À lire avant de se mettre au régime. ■

NOTRE TROISIÈME CERVEAU

Jean-Michel Oughourlian,
Albin Michel, 334 p., 20 €

Il y avait le cerveau rationnel (cortex cérébral), le cerveau émotionnel (système limbique) et voici maintenant le cerveau mimétique, engendré par la propriété d'imitation des fameux neurones miroirs. Ce troisième cerveau permettrait de percevoir l'autre comme un modèle, un rival ou un obstacle, entraînant parfois des troubles jusqu'à la névrose ou à la psychose. Et l'auteur, neuropsychiatre, de décrire comment il soigne chez ses patients les trois cerveaux à la fois. Innovant. ■

L'Inconstance de l'espèce

Qu'arrive-t-il à Inge Lohmark ? Professeure de biologie dans une région de l'ex-RDA, elle se trouve en proie à un délitement de son esprit. Dans un pays en pleine déliquescence où le chômage et la précarité d'explosent,

Judith Schalansky,
Actes Sud, 240 p., 22 €

voilà que l'enseignante ne peut s'empêcher de disséquer tout ce qu'elle éprouve. Ses élèves se retrouvent classés selon des critères scientifiques impitoyables, les paysages qu'elle traverse sont analysés sous le prisme de la botanique et de la géologie, les sentiments qu'elle éprouve, décortiqués selon des processus biochimiques, hormones et stimuli. Entrecoupé d'illustrations en noir et blanc sortis d'un livre de biologie, voilà un roman qui sort des sentiers battus. Cruel, décalé, c'est l'occasion pour l'auteure d'écrire une chronique percutante sur les deux Allemagne. ■ **H. R.**

Projets Manhattan

Et si le projet Manhattan, qui aboutira à la première bombe atomique, n'était que l'arbre qui cachait la forêt ? Une couverture pour des projets plus fous et plus dangereux encore ? Scénariste notamment pour l'éditeur

Jonathan Hickman, Nick Pitarra, Delcourt, tome 1, 144 p., 14,95 €

de comics Marvel, Jonathan Hickman projette dans cette BD une uchronie délirante où se croisent un jumeau maléfique de Robert Oppenheimer, des doubles d'Albert Einstein issus de dimensions parallèles et un Richard Feynman à côté de la plaque. Ajoutez à la mixture des aliens et des nazis et vous obtenez un récit délirant qui désacralise les plus grandes vaches sacrées de la science moderne. Si le récit met un peu de temps à se mettre en place, il devrait atteindre son apogée dans le tome suivant. En tout cas, une très belle mise en bouche bien servi par un trait exubérant et des couleurs psychédéliques. ■ **H. R.**

Avec ses 6 mètres de côté, c'est probablement la plus grande du monde : l'imprimante 3D de la société britannique D-shape peut produire des objets de grande dimension tel qu'un récif en pierre artificielle pour protéger les côtes de l'action des vagues.

MONOLITE

L'impression 3D révolutionne l'industrie

À partir d'un simple fichier informatique, ces machines permettent à n'importe qui, particulier, artisan, industriel..., de créer un objet sur mesure, unique ou en petite série. Un nouveau mode de production souple et réactif.

Par Olivier Hertel

La vidéo est à la fois spectaculaire et émouvante. Elle montre Emma, une petite Américaine de 4 ans harnachée dans un impressionnant exosquelette en plastique fabriqué sur mesure par un hôpital de Wilmington (États-Unis). Et ce grâce à une imprimante 3D de la société Stratasys. La mécanique parfaite de la prothèse pallie les raideurs articulaires et l'atrophie des muscles dues à l'arthrogrypose, une maladie rare qui affecte Emma. Sans l'exosquelette, ses bras resteraient ballants le long du corps. Une belle histoire qui illustre le potentiel de l'impression 3D : la fabrication rapide et à la demande d'objets, des plus simples aux plus complexes, du sur-mesure, à l'unité ou par milliers *(lire l'encadré p. 82)*. Et cette technique n'a rien d'un gadget. Certains, comme Chris Anderson, ancien rédacteur en chef de la revue *Wired* (1), y voit même les prémices d'une nouvelle révolution technologique dont l'impact sera majeur sur l'économie mondiale : la fin de la standardisation imposée, la relocalisation des productions et la relance à très grande échelle du tissu industriel local. Avec les dernières évolutions, les machines s'ouvrent en effet à tous les matériaux, semblant ne

STRATASYS

Un exosquelette fabriqué sur mesure en impression 3D permet à une petite Américaine de 4 ans de compenser l'athrophie des muscles de ses membres supérieurs. Les exosquelettes classiques en métal ne sont pas adaptés à sa taille.

plus avoir de limites : des plastiques classiques comme l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène), des bioplastiques comme le PLA (polyacide lactique), du polystyrène, des mousses, mais aussi des résines, du bois, de la céramique, des métaux et autres produits singuliers comme… les cellules. L'équipe de Paul Calvert, du département matériaux et textiles de l'université du Massachusetts (États-Unis) travaille en effet sur la fabrication d'organes à partir d'imprimantes à jet de cellules vivantes. Ambition : maîtriser le « *bioprinting* » pour réparer le corps humain en imprimant du cartilage ou d'autres tissus, même s'il est encore trop tôt pour parler de création d'organes complexes. Une approche explorée aussi par le Cornell Creative Machines Lab, un laboratoire de l'université Cornell (État de New York), mais qui a développé en parallèle… une imprimante à gâteaux ! Les débuts de la « gastronomie numérique » en quelque sorte (2). Quant à Enrico Dini, l'exubérant patron de la société de BTP Monolite, installée à Londres, il a conçu D-shape, une imprimante 3D géante avec laquelle il ambitionne d'être le premier à imprimer une maison à partir de sable et d'un liant, ingrédients de base d'une véritable pierre synthétique. Plus fort encore : avec l'ESA (Agence spatiale européenne) et le cabinet d'architectes Foster + Partners, il travaille sur un concept de base lunaire imprimée à partir des matériaux trouvés sur place. De grandes pièces peuvent en effet être conçues par les imprimantes de dernière génération : les ateliers du Centre français du développement rapide de produits en Europe (Cirtes) ont ainsi réalisé en 2012 des statues de taille humaine, comme celle de Coco Chanel envoyée au Japon pour l'ouverture d'une boutique de la marque de luxe. « *Ces pièces ont été faites par stratoconception : les couches sont réalisées directement dans le matériau en plaque par la machine, puis assemblées par empilement. Il n'y a donc pas de limite en hauteur* », explique Claude Barlier, directeur général du Cirtes et directeur de l'Institut supérieur d'ingénierie de la conception (Insic). « *Nous disposons d'une machine de stéréolithographie qui nous permet de faire des pièces de 1,5 m de long. Nous l'avons utilisée pour fabriquer un tableau de bord de voiture monté sur le prototype d'un constructeur* », affirme de son côté Quentin Kiener, le président fondateur de la société 3D Prod.

Ces projets reposent sur les mêmes bases technologiques. Tout commence par la conception numérique de l'objet. Des logiciels gratuits comme Sketchup permettent de modéliser en ligne, d'autres, réservés aux professionnels, comme Catia, aident à concevoir un modèle 3D de la pièce à réaliser. « *Ce modèle est ensuite converti en STL, un format universel qui réalise un maillage de* ▶

LE + NUMÉRIQUE
Démonstrations et explications en vidéo de l'impression d'un objet en direct par Romain Pouzol, de la start-up CKAB sur **sciencesetavenir.fr**

Six techniques pour imprimer en 3D

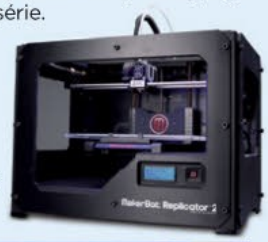
Toutes procèdent couche par couche. Elles peuvent être utilisées pour faire des maquettes ou des prototypes fonctionnels (prototypage rapide) ou des moules (outillage rapide) qui serviront à la fabrication de pièces en grande série.

Le fil fondu

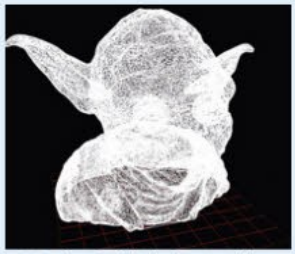
Procédé Un fil de plastique thermosensible passe à l'intérieur d'une buse chauffante afin de le liquéfier. Cette dernière se déplace dans le plan et dépose le fil qui durcit au contact du support ou de la couche précédente.

Matériaux L'ABS, un polymère thermoplastique présentant une assez bonne résistance mécanique. Le PLA (acide polylactique), un bioplastique à base d'amidon de maïs, moins résistant que l'ABS.

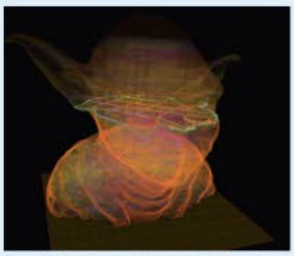
Le PVA (alcool polyvinylique), un plastique soluble dans l'eau. Il peut être utilisé pour soutenir la structure d'un objet pendant l'impression. Il est ensuite éliminé en trempant l'objet dans l'eau.



1. Le modèle 3D à imprimer a été téléchargé sur un site de partage.



2. Le logiciel de la machine produit le fichier STL où sera déposée la matière.



3. Le tranchage virtuel décrit toutes les couches déposées à l'impression.

4. Dix heures auront été nécessaires pour imprimer ce Yoda de 10 cm environ.

PHOTOS : O. HERTEL ; FABERDASHER-THINGIVERSE.COM

« Sciences et Avenir » a imprimé en fil fondu un maître Yoda, personnage de *La Guerre des étoiles*, avec une MakerBot Replicator 2.

Jet de matière

Procédé Les buses projettent une colle qui lie les grains d'une poudre. L'intérêt est de pouvoir projeter différents matériaux ou couleurs, ce qui permet de créer des objets aux multiples propriétés mécaniques. Comme une brosse à dents à manche dur, revêtement souple en surface et poils très souples.
Matériaux Le liant, généralement une résine photosensible, est durcie par une lampe UV couche par couche. Elle peut être mélangée à toutes sortes de matériaux présentables sous forme de poudre.

Frittage laser de poudre

Procédé Un laser fait fondre la poudre couche par couche. En refroidissant, elle se solidifie. Une nouvelle couche de poudre est ensuite déposée par-dessus. Il est aussi possible de mélanger à la poudre des particules d'autres matériaux (verre, céramique, aluminium, carbone). La poudre sert alors de liant. Il est même possible de réaliser un alliage métallique à base d'Inox (60 %) et de bronze (40 %). Les particules d'Inox sont alors liées par une poudre de polyamide. L'objet obtenu est ensuite posé sur des cubes de bronze puis passé au four. Le polyamide part en fumée alors que le bronze comble les espaces laissés vides en montant par capillarité.
Matériaux Résine polyamide, élastomère, acier inoxydable, bronze.

Fusion de poudre

Procédé Un matériau présenté sous forme de poudre est fondu par un laser ou un faisceau d'électrons de forte puissance (1 à 3,5 kW).
Matériaux Métaux sous formes de poudre, notamment du titane, des alliages de titane, de chrome et de cobalt...

Stéréolithographie

Procédé Un bac est rempli de matière liquide, généralement une résine photosensible, qui durcit sous l'action d'un laser HeCd (hélium-cadmium) ou argon ionisés (Ar+). Un ascenseur immergé dans le bac pousse un plateau qui se positionne sous la surface ne laissant dépasser qu'une fine couche de résine. Le laser dessine sur la résine les contours de la première couche de l'objet. Cet apport d'énergie durcit le matériau par polymérisation. Une fois la couche terminée, un racleur égalise la surface. Puis l'ascenseur descend le plateau pour la deuxième couche. Et ainsi de suite. Quand l'objet est terminé, il est passé au four afin de parfaire la polymérisation. Les températures dépendront des matériaux utilisés.
Matériaux Résines époxides photosensibles, aux propriétés proches de celles des matières plastiques.

Stratoconception

Procédé Cette technologie, inventée et brevetée par Claude Barlier, est développée au Cirtes. Un robot découpe à très grande vitesse par laser ou microfraisage rapide, des couches de matériaux, directement dans une plaque. Chaque couche est un morceau de l'objet en 3D. Elles sont ensuite positionnées par inserts ou pontets, voire imbriquées puis assemblées par simple emboîtement, collage ou même soudage.
Matériaux Tous ceux qui existent sous forme de plaques ou de feuilles : bois, plastique, acier graphite, plâtre, céramique...

points contenant les instructions à envoyer à la machine. Chaque point représente une position et les triangles indiquent de quel côté est la matière », explique Claude Barlier. Puis la machine opère un tranchage virtuel de l'objet, l'épaisseur de ces tranches conditionnant la résolution. Plus elles sont fines, plus les détails sont correctement restitués. « *La Replicator 2 de Makerbot peut déposer des couches de 0,1 mm* », précise Romain Pouzol, responsable commercial de CKAB, start-up parisienne qui distribue les produits de la marque. En stratoconception, on peut obtenir une précision de 0,02 mm, voire 0,01 sur les métaux. Selon le procédé et la résolution choisis, la taille et la géométrie de l'objet, l'imprimante 3D peut alors mettre de quelques minutes à plusieurs jours pour fabriquer l'objet. « *Avec la Makerbot, il faut quinze minutes pour faire un cube de 3 cm de côté avec la meilleure résolution. Pour une tasse, il faut compter deux à trois heures* », indique Romain Pouzol.

ESA/FOSTER + PARTNERS

Cette base lunaire serait imprimée en 3D, avec des matériaux disponibles sur place (vue d'artiste).

Quelques minutes suffisent pour personnaliser un objet

Bien que la plupart des machines coûtent entre 100 000 et 800 000 €, le marché s'ouvre de plus en plus aux particuliers. Le mouvement prend de l'ampleur avec la multiplication des FabLab, ces petits ateliers très équipés où sont testées de nouvelles techniques (*lire* S. et A. *n° 769, mars 2011*). Mais la véritable démocratisation vient de l'émergence de sociétés de services qui ont amplifié la vague « *do it yourself* » (« fais-le toi-même »). En France, par exemple, la start-up Sculpteo, créée en 2009 par Clément Moreau, propose une foule de modèles 3D à personnaliser en ligne grâce à une interface simple : chacun peut manipuler des formes et choisir la taille, l'épaisseur et la couleur de l'objet avant de passer commande. Une opération qui ne prend que quelques minutes.

Il est aussi possible de fabriquer ses propres réalisations ou des modèles téléchargeables sur des sites communautaires comme Thingsiverse, qui a enregistré 8,5 millions de téléchargements de janvier à juillet 2012 en proposant des milliers de fichiers STL gratuits. Une fois la commande passée, l'objet est fabriqué soit dans l'atelier de Sculpteo à Arreau (Hautes-Pyrénées), soit chez l'un de ses partenaires, puis livré dans la foulée. Une façon pour les inventeurs de contourner le principal obstacle qu'ils rencontraient jusque-là : convaincre les industriels de fabriquer leur création. Certains, comme Cody Wilson, un étudiant texan, illustre d'ailleurs tout le potentiel — et les dérives — d'une telle émancipation : il réussi à fabriquer un fusil d'assaut et a même obtenu un agrément des autorités.

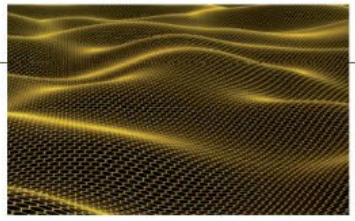
Ce marché pourrait atteindre 3 milliards d'euros de chiffres d'affaires en 2016. Ainsi, l'été dernier, la société américaine Shapeways a inauguré ses locaux à New York et présenté son concept, sorte de mélange entre Facebook et Amazon. D'un côté, chaque « *shaper* » peut ouvrir sa propre boutique sur le site pour vendre ses modèles d'objets. De l'autre, une usine les fabrique à la demande, les expédie et prélève une commission. Cette « place de marché » propose déjà des milliers d'objets à fabriquer, loin des standardisations : bouchon d'appareil photo, tasses, bijoux, etc. La société organise aussi des rencontres mondiales (Shapeways World Meetup), notamment à Paris. Le but : mettre en contact les passionnés d'impression 3D et les inciter à contribuer sur le site. La société prévoit de produire à terme 3 à 5 millions d'objets par an.

> « L'essor va se faire à partir de centres essaimés un peu partout sur le territoire »
>
> **Cément Moreau**
> Fondateur de Sculpteo

Chez Sculpteo, on imagine une stratégie assez similaire : « *Nous pensons vraiment que le développement va se faire par la multiplication de centres de production disséminés un peu partout sur le territoire, qui pourront fabriquer un ou plusieurs types d'objets, à l'unité ou par milliers, pour un marché relativement local* », promet Clément Moreau. L'impression 3D dessine-t-il un nouvel avenir industriel ? « *C'est une utopie !* s'insurge Christopher Mims, journaliste à la revue du MIT. *C'est ignorer la complexité des processus industriels.* » Le Président des États-Unis Barack Obama, lui, veut y croire. Il a affirmé lors de son discours sur l'état de l'Union en 2013 vouloir en soutenir le potentiel en lançant des centres pilotes dans le pays. ■

(1) Auteur de *Makers*, Editions Pearson.
(2) http://2doc.net/5leiv

GRAPHÈNE Feuille composée de carbone formant une structure en nid d'abeilles de l'épaisseur d'un atome. Un matériau robuste, flexible et excellent conducteur.



SPL/COSMOS

EXFOLIATION Méthode d'obtention du graphène par séparation de feuillets de graphite. Peu coûteuse, elle ne permet d'obtenir que du graphène de qualité moyenne.

ÉPITAXIE Technique de fabrication de graphène par croissance de carbone sur un cristal. Plus onéreuse que l'exfoliation, elle fournit du graphène très pur.

L'avenir de l'électronique passe par le graphène

Ce matériau aux propriétés exceptionnelles pourrait révolutionner les nouvelles technologies, sous réserve de franchir les obstacles à la production industrielle. L'Europe investit massivement.

L'Union européenne fait des paris à 1 milliard d'euros ! La Commission vient d'accorder ce jackpot à chacun des deux projets phares sélectionnés dans le cadre du programme Flagship (« vaisseau amiral »). Heureux élu : le projet Graphène (au côté du Human Brain Project, qui vise à simuler un cerveau humain, *voir* S. et A. *n° 768, février 2011*). Du nom de ce matériau grâce auquel l'Europe espère se relancer dans la course aux technologies, la France en tête (le CNRS étant le premier partenaire de Graphène). *« Le graphène va rebattre les cartes de l'électronique de demain ! »* s'enflamme déjà Bernard Plaçais, directeur de recherche CNRS au laboratoire Pierre-Aigrain à Paris. Le rêve d'écrans pliables et d'ordinateurs incroyablement plus rapides est à portée de main.

Qui eût prédit un tel horizon au banal graphite, autrefois considéré comme juste bon à faire des mines de crayon ? Les chercheurs n'y ont longtemps vu qu'un ensemble d'atomes de carbone assemblés en hexagones sur un plan, comme un nid d'abeilles. Ces plans s'empilent (la liaison entre chaque feuillet d'hexagones restant faible)... et plusieurs d'entre eux se détachent sur une feuille lorsqu'on écrit au crayon, permettant de laisser une trace sur le papier. Mais de là à séparer et isoler les feuillets ? Longtemps jugé impossible, ce fut le coup de maître de deux physiciens de l'université de Manchester en Grande-Bretagne : en 2004, Andre Geim et Konstantin Novoselov y sont parvenus à l'aide... d'un simple Scotch ! Plusieurs feuillets de graphite sont restés collés au ruban adhésif, et en renouvelant l'opération plusieurs fois, ils ont obtenu un feuillet unique, autrement dit un cristal d'un seul atome d'épaisseur, qu'ils ont étudié, découvrant ses étonnantes propriétés.

Très robuste, flexible et transparent, il est le meilleur conducteur électrique connu et il conduit la chaleur mieux que le cuivre. *« C'est la combinaison extraordinaire de ces propriétés qui ouvre la voie vers des applications inaccessibles aux autres matériaux »*, s'enthousiasme Vincent Derycke, chercheur au laboratoire d'électronique moléculaire du CEA de Saclay. À commencer par l'électronique, en particulier dans le domaine des écrans souples : livres électroniques pliables, tablettes tactiles flexibles, cellules photovoltaïques implantables sur n'importe quelle surface... Autant d'applications qui nécessitent des électrodes transparentes, aujourd'hui fabriquées en oxyde d'indium et d'étain (ITO). Or, l'indium, dont la Chine détient le tiers des réserves (*voir* S. et A. *n° 743, janvier 2009 p. 78*), est un métal de plus en plus rare, car très utilisé dans les écrans plats à cristaux liquides (LCD). D'où la ruée des industriels vers le graphène, composé de carbone présent en quantités presque illimitées sur Terre, notamment dans les plantes. Le graphène est aussi reluqué avec gourmandise dans le domaine des vêtements connectés et des dispositifs médicaux implantés dans le corps. Leurs circuits électroniques flexibles sont en effet imprimés avec des encres contenant des polymères conducteurs ou des particules métalliques... que le graphène peut remplacer.

L'enjeu est de parvenir à en fabriquer des km² à bas coût

Reste à développer les méthodes de fabrication à bas coût. La méthode du Scotch offre un matériau de très bonne qualité, mais sur des surfaces minuscules (de 10 à 100 micromètres carrés). Deux autres technologies sont donc en concurrence pour les applications en électronique flexible : l'exfoliation en voie liquide vise à séparer les feuillets de graphite par exemple en y intercalant des molécules ; le dépôt en phase vapeur consiste à décomposer un précurseur contenant du carbone sur une surface métallique, puis à transférer le

Le projet européen

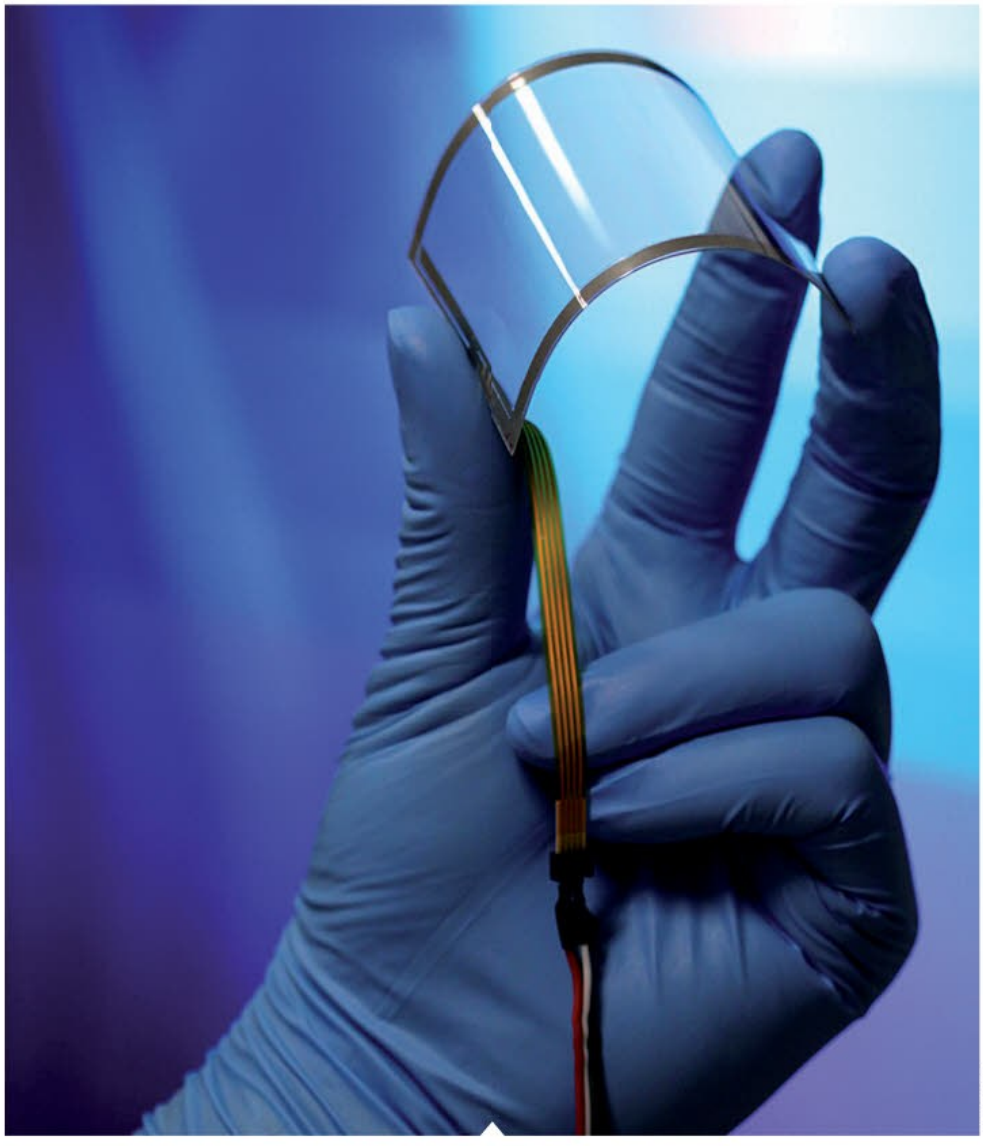
1
milliard d'euros, dont la moitié allouée par l'Union européenne, le reste par les États membres et les partenaires privés.

10
ans, la durée du financement.

74
partenaires académiques et industriels issus de 17 pays, réunissant 126 groupes de recherche.

15
laboratoires français impliqués.

WWW.GRAPHENE-FLAGSHIP.EU



JI HYEONG

Ce prototype d'écran tactile flexible, fabriqué en Corée du Sud en 2010, est constitué d'un film de graphène déposé sur une feuille de plastique.

graphène ainsi obtenu sur un substrat. Le coréen Samsung a réussi à en fabriquer 1 m² sur du cuivre en 2010, qu'il a reporté sur du plastique. L'enjeu est désormais d'en fabriquer des kilomètres carrés.

L'incroyable mobilité des électrons dans les feuillets de graphène intéresse aussi les chercheurs : ils sont 100 fois plus mobiles que dans les meilleurs semi-conducteurs ! Et qui dit électrons rapides dit électronique rapide (à des fréquences supérieures au gigahertz), *« présente dans la téléphonie mobile, les télécommunications à haut débit, les communications par satellite, ou les radars »*, indique Bernard Plaçais. Cette industrie, qui aujourd'hui utilise notamment l'arséniure de gallium (GaAs), pourrait réaliser des dispositifs plus rapides et plus petits, à moindre coût. Utile, par exemple, pour généraliser les radars dans les voitures en vue de l'aide au stationnement ou de la conduite sans pilote. L'objectif final étant d'atteindre le térahertz (1000 GHz), une gamme d'ondes électromagnétiques comprise entre les infrarouges et les micro-ondes, aujourd'hui difficiles à produire et à détecter. Très pénétrantes, elles sont utilisées dans les « scanners corporels » de certains aéroports, comme celui de Roissy-Charles-de-Gaulle.

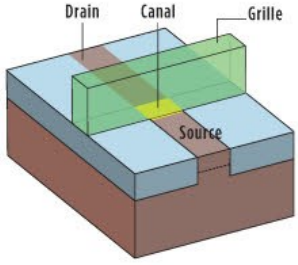
Là encore, la question de la production se pose, ces applications, nécessitant du graphène de très haute qualité. Claire Berger et ses collègues du Georgia Institute of Technology (États-Unis), ont mis au point une méthode par épitaxie : un cristal de carbure de silicium (SiC) est chauffé à plus de 1500 °C sous atmosphère inerte. Le silicium se vaporise, le carbone se réorganise en surface, *« cela permet de fabriquer du graphène de qualité sans avoir à le transférer »*, explique Claire Berger, également chercheuse à l'Institut Néel de Grenoble. Quant au laboratoire de photonique et de nanostructures du CNRS à Marcoussis (Essonne), il vient de breveter une méthode de croissance de graphène sur un substrat de silicium recouvert d'une couche d'accrochage de carbure de silicium. Le silicium étant moins cher que le SiC, ce procédé pourrait rendre l'électronique rapide plus abordable.

Il ne peut pas être utilisé comme semi-conducteur

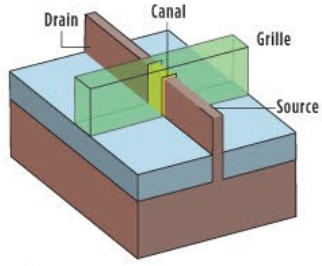
Mais contrairement au silicium, le graphène est conducteur et non semi-conducteur. Un handicap majeur : on ne peut jamais « couper » complètement la circulation des électrons ; les transistors à base de ce matériau consomment donc continûment de l'énergie. Et s'il est possible de rendre le graphène semi-conducteur en le découpant en rubans aux rebords parfaitement réguliers, il perd alors son excellente mobilité car ce ruban n'est plus un cristal bidimensionnel parfait. Le graphène sera donc réservé aux applications où un semi-conducteur n'est pas indispensable. *« Pour la transmission d'un signal, le Wi-Fi par exemple »*, précise Vincent Derycke. En revanche, les ordinateurs au graphène ne sont pas encore pour demain. ■ **Cécile Michaut**

Les transistors prennent du relief

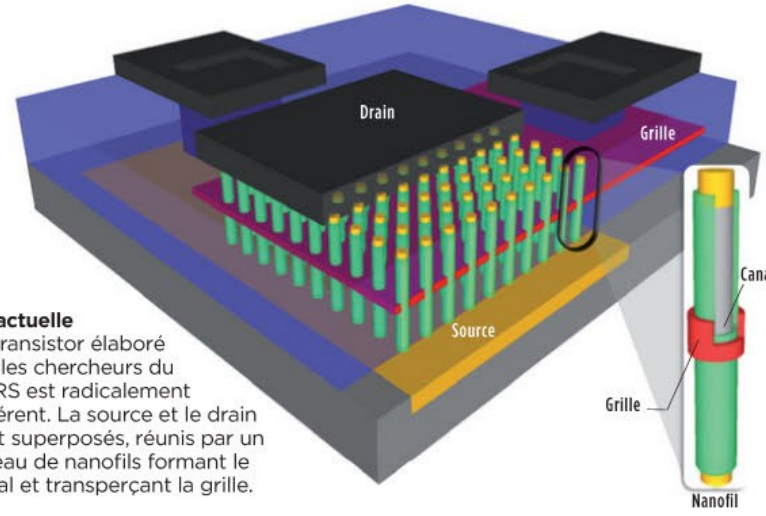
La miniaturisation ayant atteint ses limites, des chercheurs français ont imaginé des transistors en 3D qui s'affranchissent des phénomènes parasites.



Structure plane
Un transistor classique, tel qu'on en trouve dans tous les appareils électroniques, possède une architecture plane. La grille est posée sur le canal.



Prémices de 3D
En 2011, Intel a dévoilé les prémices d'un transistor 3D. Le drain, le canal et la source forment une sorte de muret. La grille est alors à cheval sur le canal.



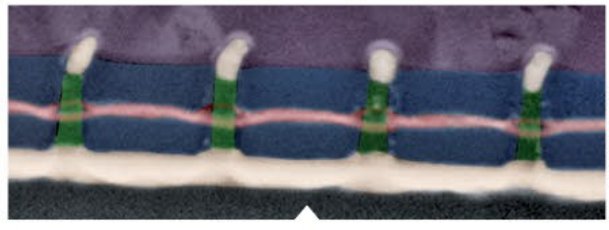
3D actuelle
Le transistor élaboré par les chercheurs du CNRS est radicalement différent. La source et le drain sont superposés, réunis par un réseau de nanofils formant le canal et transperçant la grille.

SOURCES: INTEL - X.-L. HAN ET G. LARRIEU - INFOGRAPHIE: SYLVIE DAOUDAL

LS NE SERONT PLUS PLATS mais en trois dimensions. C'est en tout cas la vision des transistors du futur de Guilhem Larrieu du CNRS à Toulouse et de son doctorant Xiang-Lei Han. Ils viennent de décrire dans *Nanoscale* une technologie permettant une miniaturisation extrême des transistors grâce à une structure tridimensionnelle. Avantage : lutter contre les phénomènes parasites. Contraints par les limites de la miniaturisation, les industriels ne parviennent pas, en effet, à réduire les fuites de courant qui perturbent le fonctionnement des transistors. « *En travaillant en 3D, nous nous affranchissons de cette limite* », affirme Guilhem Larrieu.

Pour comprendre, il faut se rappeler qu'un transistor est composé de deux bornes (le drain et la source) reliées par un canal où circule le courant. Une troisième borne, appelée grille, est posée sur ce dernier : son rôle est de repousser ou attirer les charges électriques circulant dans le canal par un effet électrostatique. On obtient ainsi les deux états fondamentaux de l'électronique, 0 (courant interrompu) ou 1 (courant). Pour gagner en miniaturisation, il faudrait réduire la taille de cette grille qui atteint aujourd'hui 14 nanomètres (1 nm = 1 milliardième de mètre). Mais rapprocher davantage les deux bornes favorise les phénomènes parasites. En mai 2011, Intel a ouvert la voie au transistor 3D pour tenter de s'affranchir de cette limite. Au lieu d'une structure plane, le fabricant américain a utilisé deux bornes et un canal formant un petit muret. La grille couvrait le canal sur le dessus et les deux côtés, avec un meilleur contrôle électrostatique à la clé. Les 10 nm étaient en vue.

Guilhem Larrieu assure pouvoir faire beaucoup mieux. « *Dans la publication, nous avons déjà décrit une grille de 14 nm d'épaisseur. Mais nous travaillons sur une grille inférieure à 10 nm, ce qui techniquement ne pose aucun problème.* » La solution : placer les deux bornes l'une au-dessus de l'autre et former le canal par un réseau de nanofils verticaux de 30 nm de diamètre. Ces fils transpercent une plaque : la grille, qui, entourant tous les nanofils, contrôle parfaitement les charges électriques. Et il est même envisageable d'empiler ces transistors pour gagner encore en puissance. ■ **Olivier Hertel**



X.-L. HAN ET G. LARRIEU

L'architecture du transistor tridimensionnel
des chercheurs du CNRS (en vert, les nanofils, en rose, la grille), vue en microscopie électronique colorée.

À L'ÉPREUVE DES FAITS

UN COUTIL ANTI-ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Des fibres de carbone insérées dans la literie amélioreraient la qualité du sommeil en évacuant l'électricité statique.

Des matelas à dormir debout

THOMAS BAAS POUR SCIENCES ET AVENIR

SE COUCHER SUR LE DOS, puis sur le côté, compter des centaines de moutons, supplier le marchand de sable de passer... Rien n'y fait, le sommeil ne vient pas. Et si c'était un problème d'électricité statique ? Du moins, c'est ce que prétendent certains industriels du matelas : *« Le corps comme les matériaux qui l'environnent se rechargent constamment en électricité statique (jusqu'à 30 000 volts !). Si nous voulons dormir tranquillement, il est clair qu'il faut activer la décharge, en la provoquant à un voltage plus faible, sans mise à la terre. Ces voltages élevés ont un effet négatif sur notre sommeil. Nous nous sentons plus nerveux, littéralement plus tendus »*, explique ainsi le fabricant belge DesleeClama dans sa brochure commerciale. En d'autres termes, la tension électrostatique (mesurable en volts) serait responsable d'une tension psychologique, qui perturberait le sommeil. Pour DesleeClama — comme pour beaucoup d'autres —, la solution est une toile à matelas comportant *« un fil de carbone qui capte les électrons et les rejette dans l'air à un faible voltage (4000 V). La tension s'écoule donc littéralement de l'organisme du dormeur »*. Cette « fibre de carbone » se retrouve dans des protège-matelas vendus sur Internet ainsi que par correspondance.

Une étude, non publiée, montre des effets très faibles et trop peu significatifs

Mais la pirouette sémantique consistant à confondre « tension électrique » et « tension psychologique » ne suffit pas à valider les allégations de DesleeClama. *« Il n'existe pas la moindre étude scientifique établissant une influence de l'électricité statique du corps sur le sommeil »*, confirme Joëlle Adrien, spécialiste du sommeil à l'Institut du cerveau, à Paris. Un avis partagé par Pierre-Hervé Luppi, directeur de l'équipe Physiopathologie des réseaux neuronaux du cycle sommeil (CNRS-université Lyon-I) : *« Parmi les facteurs qui ont une influence, il est possible de citer la température ambiante, l'humidité, le bruit ou les odeurs. Mais l'électricité statique, je n'en ai jamais entendu parler ni dans les congrès, ni dans la littérature scientifique du domaine. »*

Les effets supposés n'ont aucune base scientifique

Pourtant, DesleeClama nous a transmis une étude commandée au professeur Chris Idzikowski, aujourd'hui directeur du Centre du sommeil d'Édimbourg (Royaume-Uni). Elle montrerait un sommeil plus efficace de 4,3 % dès la deuxième nuit, ce qui permettrait de dormir environ vingt minutes de moins sur une nuit de huit heures. Ces travaux n'ont jamais été publiés et pour Chris Idzikowski, ils ne permettent pas de conclure : *« Les effets observés étaient très faibles et rarement significatifs sur le plan statistique. Je reste sceptique sur l'idée que l'électricité statique puisse jouer un rôle sur le sommeil, mais je reste ouvert d'esprit. Il aurait fallu faire une étude plus large. »* Même scepticisme de la part de Kelly S. Robinson, dirigeant d'Electrostatic Answers, une société de conseil sur le risque électrostatique à Rochester (États-Unis) : *« Il n'y a aucune base scientifique pour prétendre que dissiper l'électricité statique durant le sommeil en utilisant cette technologie puisse représenter un bénéfice pour la qualité du sommeil. »* ■ **Olivier Hertel**

LE CONTEXTE L'ancien ministre du Budget Jérôme Cahuzac a reconnu avoir possédé des comptes bancaires à l'étranger, après que sa voix a été reconnue sur des enregistrements le mettant en cause. La police utilise de plus en plus les analyses vocales.

Comment identifier une voix sur un enregistrement audio ?

CRIMINOLOGIE L'affaire a débuté en décembre 2012, quand le site d'informations Mediapart a publié un enregistrement audio dans lequel un homme, présenté comme étant le ministre Jérôme Cahuzac, évoque avoir détenu un compte bancaire en Suisse. La police technique scientifique (PTS), qui a comparé la voix de l'interlocuteur mystérieux de la bande avec celle du ministre, a conclu que « *sur une échelle de -2 à +4, la puissance de l'indice, c'est-à-dire de notre comparaison phonétique et automatique, se situe à +2. Autrement dit le résultat de notre analyse renforce l'hypothèse que Jérôme Cahuzac est le locuteur inconnu.* » Si ces enregistrements ont, depuis, été accrédités par les aveux de l'ex-ministre, ils ne constituent pas à eux seuls une preuve, car les méthodes d'authen-

VOISIN / PHANIE

Comparaison de fréquences de voix pour en déterminer l'origine avec l'aide d'un logiciel à l'Institut de recherche criminelle de la gendarmerie, à Rosny-sous-Bois (Seine-Saint-Denis).

LE CONTEXTE L'Arcep vient de donner un accord, sous conditions, à l'utilisation de la bande des 1800 MHz pour le réseau mobile à très haut débit (4G).

Qu'est-ce que la bande de fréquence des 1800 MHz ?

TÉLÉCOMMUNICATIONS L'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (Arcep) a autorisé l'opérateur de téléphonie mobile Bouygues Télécom à « *réutiliser la bande 1800 MHz pour d'autres technologies que le GSM à compter du 1er octobre 2013, sous réserve de restituer une partie de ces bandes de fréquence* ». Jusqu'alors en France (et en Europe), l'Arcep n'avait attribué que deux bandes de fréquence radio (800 MHz et 2600 MHz) au futur réseau de téléphonie mobile 4G. Les fréquences les plus basses (800 MHz) traversent plus facilement les obstacles (murs, verre, plastique, etc.) : elles assurent une meilleure couverture à l'in-

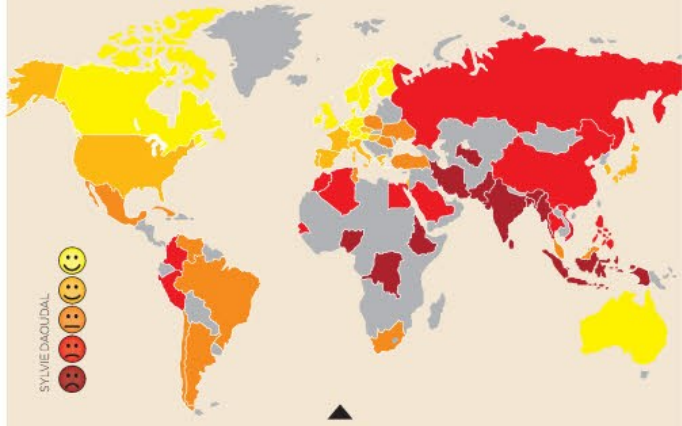
tification de voix sont loin d'être infaillibles. Authentifier une voix, c'est déterminer la probabilité que deux enregistrements proviennent de la même personne. Les spécialistes étudient d'abord la « manière » de parler de l'interlocuteur : vocabulaire utilisé, articulation de certains phonèmes (variables selon l'origine géographique et le milieu social)...
Ces éléments restent dépendants d'un environnement donné : ils sont souvent très proches dans une même famille ou dans un groupe social. Les spécialistes s'intéressent donc aussi au timbre de la voix, qui correspond plus ou moins à la sonorité de l'onde vocale : lorsqu'on représente la fréquence du son au cours du temps, on observe un signal périodique dont la forme est différente pour chacun. Puis tous ces paramètres sont comparés à un grand nombre de voix prises au hasard. Cependant, *« on ne peut pas parler d'empreinte vocale comme on parle d'empreinte digitale ou d'empreinte ADN »*, souligne Frédéric Bimbot, de l'Institut de recherche en informatique et systèmes aléatoires à Rennes. *« Lorsqu'on compare des voix, on n'analyse pas un paramètre biométrique, mais seulement la manière dont on utilise les cordes vocales ou la bouche. »* Un peu comme une signature, qui évolue avec l'âge, et que l'on peut imiter ou déformer. En outre, certaines personnes ont des voix qui se ressemblent beaucoup.

La fiabilité dépend des conditions d'enregistrement

Authentifier des voix comporte donc des marges d'erreurs bien supérieures à celles de l'analyse d'ADN, par exemple. Et ces analyses ne sont pertinentes que lorsque l'enregistrement a eu lieu dans des conditions optimales : une prise de son très contrôlée, des phrases types prononcées par des personnes qui ne déforment pas leur voix... *« Lorsque les enregistrements sont anciens, ou mauvais, qu'il y a du bruit de fond, ou que la personne masque sa voix, les performances chutent fortement*, rappelle Frédéric Bimbot. *Un logiciel donnera certes un résultat — un rapport de "vraisemblance" reflétant la probabilité que cette voix appartienne à telle personne — mais nous ne savons pas chiffrer précisément la fiabilité de ce résultat, nous n'avons aucun moyen d'évaluer la marge d'erreur. »* Attention aux erreurs judiciaires si on donnait à l'analyse de la voix la force d'une preuve. ■ **Cécile Michaut**

térieur des bâtiments et se propagent plus loin. Moins d'antennes sont alors nécessaires pour couvrir une même zone avec des fréquences basses. Quant à la bande des 2600 MHz, elle apparaît idéale en ville, pour un maillage plus dense avec des antennes à la portée plus réduite.
En autorisant la bande de 1800 MHz, l'Arcep permet aux opérateurs de poursuivre leur développement à moindre coût. Son atout majeur est d'être déjà en service pour acheminer le trafic GSM : nul besoin pour les opérateurs d'implanter de nouvelles antennes, auxquelles le public est d'ailleurs de plus en plus hostile. Il suffit de mettre à jour le matériel pour que les « vieilles » antennes 2G deviennent des maillons du futur réseau 4G. Autre avantage collatéral : l'iPhone 5pourrait exploiter le réseau 4G. Ce mobile est en effet pourvu d'une puce réseau qui ne capte que dans les 1800 MHz, la bande de fréquence pour la 4G aux États-Unis *(voir l'infographie sur sciencesetavenir.fr)*. ■

Erwan Lecomte



La Suède arrive en tête du palmarès du bonheur mondial alors que la France recule à la 14e place.

LE MOT DU MOIS

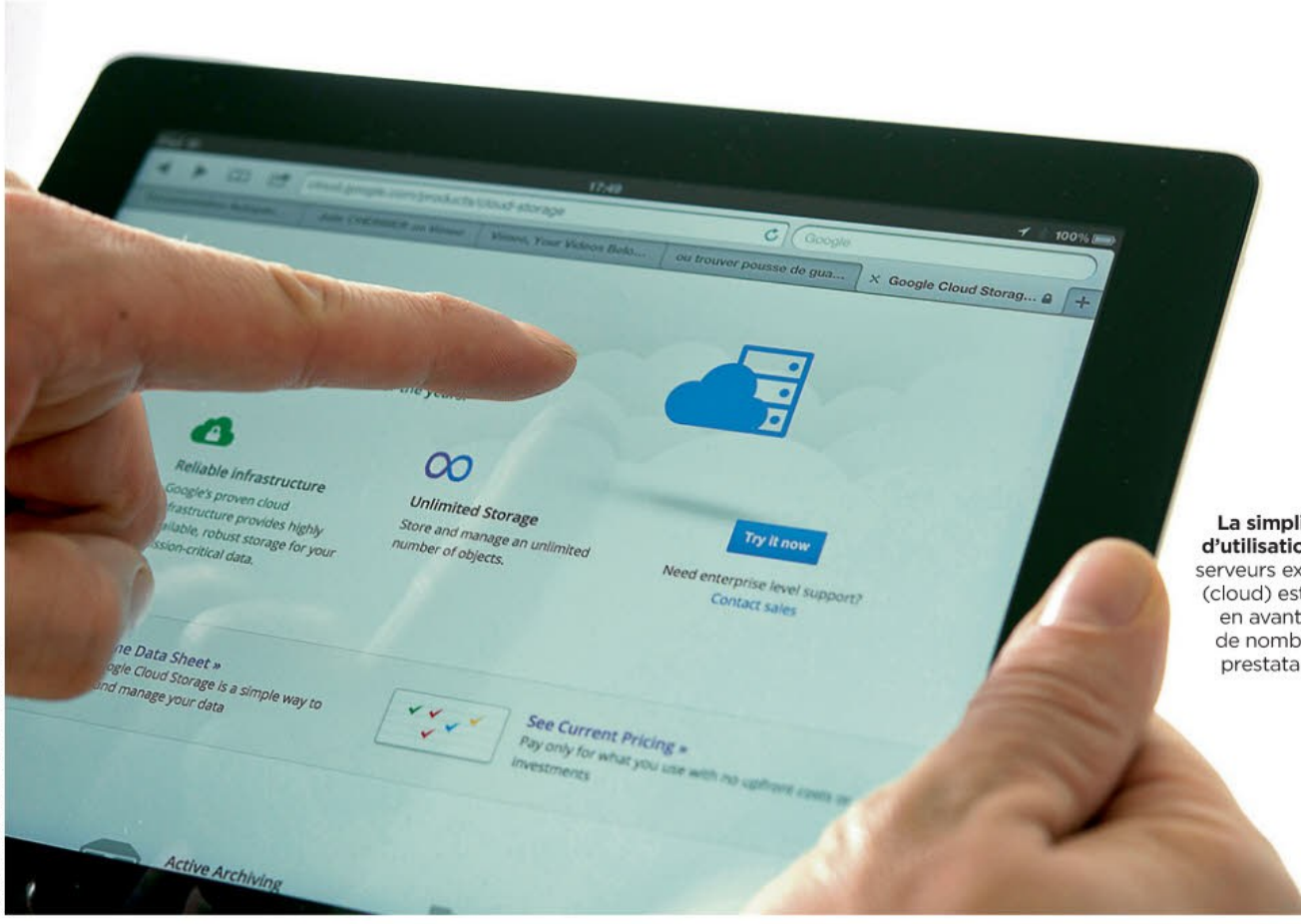
IBM

Indice du bonheur mondial

Cet indice unique en son genre (et non la marque d'ordinateurs bien connue !) a été imaginé par le Français Pierre Le Roy il y a douze ans en réaction à la création par l'ONU de l'indice de développement humain (IDH). Cet ancien expert en agriculture, fondateur de la revue économique *GlobEco*, estimait en effet que la prise en compte par l'ONU de trois critères seulement (santé, éducation et niveau de vie) ne pouvait suffire et qu'il fallait créer un indice évaluant ce qui fait qu'un pays est heureux. L'expert travaille désormais sur une liste fixe de 60 pays de plus de 3 millions d'habitants. L'indice repose sur plusieurs grands thèmes : la paix, la sécurité, la liberté, la démocratie et les droits à la personne, la qualité de vie, la culture et la recherche. Chaque chapitre est lui-même composé de dix paramètres, comme le nombre de têtes nucléaires, le taux de CO_2 ou le taux de corruption. Une fois les données récoltées, ces paramètres sont rassemblés pour donner une moyenne. Résultat du classement 2013 : la France arrive 14e, loin derrière l'Allemagne, la Belgique ou le Royaume-Uni. La Suède et la Norvège occupent respectivement la 1re et la 2e place. ■ **Lionel Huot**

LE CLOUD

Par Henri-Pierre Penel



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

La simplicité d'utilisation des serveurs externes (cloud) est mise en avant par de nombreux prestataires.

Vos données embarquées sur un nuage

Gain d'espace et de ressources, consultation depuis n'importe quel appareil..., le stockage sur un serveur à distance et accessible par Internet comporte de multiples avantages. Mais capacité et sécurité sont à vérifier avant d'arrêter son choix.

Qu'est-ce que le cloud?

Le cloud (« nuage » en anglais) se résume à un espace de stockage personnalisé, non pas directement sur votre ordinateur ou disque dur externe, mais dans un centre serveur connecté à Internet pouvant se situer à des milliers de kilomètres de chez vous. Pour transférer vos données (photos, jeux, fichiers...), rien de plus simple : il suffit de faire *« glisser »* les documents vers l'icône de ce serveur qui apparaît sur l'ordinateur.

Gratuit ou payant : que faut-il choisir?

La capacité des sites de stockage proposés gratuitement est très limitée : de 2 à 7 gigaoctets (Go). Insuffisant dès lors qu'il s'agit d'archiver des vidéos. Les sites payants (Microsoft avec SkyDrive ou Apple avec iCloud..., *voir pp. 92-93*) nécessitent de souscrire un abonnement dont le tarif varie en fonction de la capacité de stockage. Les factures sont envoyées au mois ou à l'année.

Les données sont-elles en sécurité ?

C'est l'avantage principal du cloud : ne plus craindre la destruction, la panne ou le vol de son

ordinateur ou disque dur, puisque les données sont stockées chez un hébergeur extérieur qui en garantit la préservation. Un mot de passe permet l'accès au compte depuis n'importe quel ordinateur, tablette ou smartphone.

La conservation est-elle garantie « à vie » ?

Vérifiez dans votre contrat que le prestataire offre bien un accès Internet permanent pour une durée illimitée, sauf résiliation de l'abonnement de votre part. En cas de cessation d'activité du prestataire, vous serez averti à l'avance afin de récupérer vos données. Attention, il existe des services de partage de fichiers, abusivement assimilés au cloud (Mega ou Rapidshare). Dans ce cas, le stockage des données se limite à 90 jours.

Le stockage est-il fiable ?

Le prestataire stocke simultanément vos données sur plusieurs serveurs pour en avoir des copies. Ainsi, elles ne sont jamais perdues, même en cas d'avarie sur un serveur. Ce système est transparent pour l'utilisateur.

La confidentialité est-elle respectée ?

L'accès à la zone de stockage est protégé par un identifiant et un mot de passe que vous définissez préalablement. De même, les données stockées sont cryptées, ce qui garantit — du moins en théorie — un niveau de sécurité convenable. Cependant, il n'existe guère de dispositif capable de résister aux assauts des « hackers ». Stocker vos documents confidentiels ou vos codes d'accès bancaires comporte donc toujours un risque. Vérifiez aussi la législation du pays où se situe le centre serveur. Certains États peuvent, en effet, avoir accès, s'ils le souhaitent, aux documents privés.

Peut-on partager ses données ?

Oui, il est possible de créer des dossiers partagés et d'attribuer des identifiants et des mots passe à des amis ou des collègues de travail, par exemple. Ils pourront alors accéder aux dossiers partagés qui leur sont destinés et télécharger leurs contenus.

Plusieurs appareils peuvent-ils être connectés ?

Au même compte cloud, peuvent en effet être connectés plusieurs appareils : l'ordinateur, le smartphone, la tablette. Ainsi, une photo prise à l'aide de votre smartphone *(voir ci-contre)* peut immédiatement et automatiquement être répercutée sur l'ordinateur et la tablette. De même, si vous modifiez cette photo sur ordinateur, les autres appareils en « profiteront » aux aussi. Cette « mise à jour permanente » fonctionne aussi pour un texte.

Il faut impérativement mettre à jour l'encodage des fichiers

Pour continuer à accéder à ses données, il faut les transcoder régulièrement avec les logiciels réactualisés.

Conserver les données numériques d'un texte, d'une photo, d'une musique ou d'une vidéo pendant des années ne signifie pas que vous pourrez toujours les utiliser dans cinq, dix ou vingt ans ! En effet, tout contenu est encodé suivant des normes spécifiques. Or, au fil des ans, certains logiciels évoluent... ou disparaissent purement et simplement ! La pérennité des codages n'étant donc pas assurée, il faut donc veiller à « transcoder » régulièrement vos fichiers, autrement dit à les mettre à jour selon les nouvelles normes d'encodage, sous peine de vous retrouver dans l'incapacité de les exploiter.

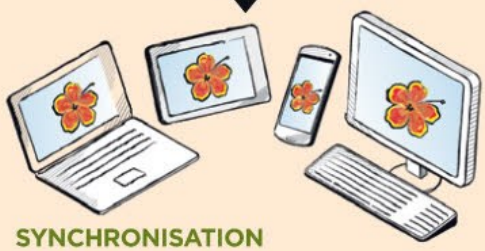
Comment une photo est stockée et partagée

PRISE DE VUE

La photo prise par un smartphone est transmise vers le centre de stockage informatique qui héberge « l'espace cloud » de l'utilisateur.

MÉMORISATION

Les données de la photo sont archivées sur les disques durs du cloud. Pour plus de confidentialité, elles sont dupliquées et cryptées pour éliminer tout risque de perte.



SYNCHRONISATION

Tous les équipements que l'utilisateur a autorisés à se connecter à son espace cloud reçoivent simultanément la photo : ils harmonisent leur contenu, on parle de synchronisation.

MODIFICATION

Si la photo est modifiée depuis l'un des appareils — ordinateur, smartphone... —, la modification est transmise au cloud.

MISE À JOUR

Les modifications sont aussitôt répercutées automatiquement sur l'ensemble des appareils connectés au cloud.

INFOGRAPHIE: BETTY LAFON

Banc d'essai pages suivantes ▶

LE CLOUD

NOM DU SERVICE	Amazon CLOUD DRIVE	Box	Dropbox
Adresse Internet	amazon.fr/clouddrive	box.com	dropbox.com
Stockage gratuit	5 Go	5 Go	2 Go
Tarifs annuels	8€ : 20 Go ; 20 € : 50 Go ; 40 € : 100 Go ; 80€ : 200 Go ; 200€ : 500 Go	20,50€ : 25 Go 204€ : 50 Go	120 $ (93,50€*) : 50 Go 187 $ (46€) : 100 Go
Limitation du stockage dans le temps	Non	Non	120 jours
Compatibilité	PC, Mac, Android	PC, Mac, Android, iOS (iPad, iPhone),	PC, Mac, Linux, Android, iOS (iPad, iPhone)
Offre liée à un équipement physique	Non	Non	Non
Les plus	**Les musiques achetées sur Amazon ne sont pas décomptées de l'espace cloud**	**Possibilité d'intervenir à plusieurs sur un fichier, synchronisation**	**Gestion intuitive des éléments à partager, simple d'utilisation**
COMMENTAIRES	Il faut disposer d'un compte Amazon pour pouvoir accéder à ces services, puis installer un logiciel pour permettre l'échange de fichiers. Un service qui se résume à un espace de stockage en ligne. Pas de synchronisation entre les équipements.	Simple d'utilisation, Box propose aussi de partager les fichiers par l'intermédiaire d'un lien Internet à envoyer par e-mail aux personnes avec lesquelles vous souhaiter donner l'accès à un dossier spécifique de l'espace personnel.	Dropbox se présente comme un dossier qui apparaît sur l'ordinateur dont le contenu est partagé avec l'ensemble des personnes auxquelles l'accès a été autorisé. Il s'agit essentiellement d'un service destiné au partage de fichiers.

NOM DU SERVICE	Mega	Dane-elec MY-DITTO	PogoPlug
Adresse Internet	mega.co.nz	my-ditto.com	pogoplug.com
Capacité de stockage gratuite	50 Go	5 Go	5 Go
Tarifs annuels	120€ : 500 Go ; 240€ : 2000 Go ; 360€ an : 4000 Go	Jusqu'à 25 Go, mais sans abonnement. La capacité allouée est fonction du matériel acheté.	49,95 $ (39€) : illimité
Limitation du stockage dans le temps	90 jours	Non	Non
Compatibilité	PC, Mac, iOS (iPad, iPhone), Android	PC, Mac, iOS (iPad, i-Phone), Android	PC, Mac, iOS (iPad, iPhone), Android
Offre liée à un équipement physique	Non	Oui	Oui
Les plus	**Forte capacité de stockage proposée, débit de transfert élevé**	**Capacité très élevée en local, création d'accès sélectifs aux dossiers**	**Souplesse d'utilisation, possibilité de connecter plusieurs clés USB pour accroître la capacité de stockage**
COMMENTAIRES	Très simple à utiliser, dérivé de MegaUpload, ce service est surtout destiné à l'échange de fichiers de très gros volumes. En effet, la conservation limitée dans le temps exclut toute utilisation pour archivage à long terme. Mega n'assure pas non plus la synchronisation entre les différents équipements de l'utilisateur.	Avec my-Ditto, Dane-elec propose une solution hybride fondée sur un disque dur (jusqu'à 4 To), à connecter à Internet depuis son domicile, associé à une zone de stockage en ligne. Cette dernière reste accessible même si le disque dur domestique est déconnecté ou éteint.	PogoPlug propose un « adaptateur » qui offre la possibilité de raccorder tout disque dur USB, ou clé USB, à Internet pour le transformer en système de stockage accessible en ligne par l'intermédiaire de son site internet. De plus, une offre de stockage complémentaire, totalement en ligne, est maintenant disponible.

* Cours au 29 mars 2013, soit 1€ = 0,7798 dollar

Google DRIVE	iCloud
drive.goggle.com	ICloud.com
5 Go	5 Go
30 $ (23€) : 25 Go ; 60 $ (46€) : 100 Go ; 120 $ (92€*) : 200 Go ; 240 $ (184€*) : 400 Go ; 600€ (468€*) : 1 000 Go	Pas d'offre payante en France
Non	Non
PC, Mac, Chrome OS, iOS (iPad, iPhone), Android	PC, Mac, iOS (iPad, iPhone)
Non	Non
Partage simple des contenus, nombreuses interactions avec l'univers de Google	**Musiques, vidéos ou applications achetées par iTunes non décomptées de l'espace cloud**
Plusieurs utilisateurs peuvent travailler conjointement sur un même document. Il est toujours possible de retrouver une version antérieure du document traité. Les documents s'affichent même si le logiciel qui les a créés n'est pas présent dans l'ordinateur utilisé.	Proposé par Apple, iCloud assure une synchronisation totale entre les appareils qui lui sont raccordés. Elle s'effectue automatiquement par l'intermédiaire du Wi-Fi.

RapidshareRAPIDDRIVE	SkyDrive
rapidshare.com	skydrive.com
5 Go	7 Go
99,99 € : 250 Go ; 199,99 € : 500 Go	8 € : 20 Go ; 19 € : 50 Go ; 37 € : 100 Go
Non en version pro, au bout de 90 jours d'inactivité en version gratuite	Non
PC, Mac, Linux	PC, Mac, iOS (iPad, iPhone), Android
Non	Non
Intégration directe de RapidDrive dans Windows, possibilité de créer des dossiers à accès limité	**Application d'utilisation conviviale, synchronisation automatique**
Rapidshare dispose d'une gestion simple des autorisations d'accès. Des applications spécifiques sont proposées pour optimiser la gestion des fichiers stockés dans RapidShare. Attention toutefois, dans la version gratuite le compte est supprimé au terme de 90 jours d'inactivité. En revanche, la durée est illimitée en cas d'abonnement.	SkyDrive est l'espace Cloud que propose Microsoft. Par ailleurs, outre le stockage en ligne, il est possible de donner un accès depuis le Web aux éléments contenus dans un ordinateur. Une solution pour accroître la capacité de stockage en ligne en partageant le disque dur des ordinateurs familiaux.

Big Robotos SpnKIX

Des chaussures motorisées

Le petit moteur électrique qui équipe ces chaussures futuristes propulse leur porteur à 14 km/h durant plus d'une heure. Des « bottes de 7 lieues high-tech » qui permettent de parcourir les rues sans effort… mais pas sans entraînement !

Prix : 699,99 €

Ouya Console

L'open source à petit prix

La petite console Ouya en passe de révolutionner le jeu vidéo ? Outre des jeux payants conventionnels, elle propose l'accès à des jeux gratuits en téléchargement. Utilisant le système d'exploitation Android, elle dispose d'un kit de programmation afin de développer ses propres applications. À terme, elle offre aussi des fonctions de chat et d'accès aux réseaux sociaux.

Prix : environ 80 € (prix provisoire)

Kensington Proximo

Jamais sans mon iPhone

Pour éviter d'oublier son iPhone, Kensington propose le pack Proximo. Ce badge émet une alarme dès qu'il se trouve séparé du téléphone de plus de quelques mètres. De plus, un second badge est destiné à protéger un sac, une valise ou même une voiture. Il « géo-tague » l'objet et déclenche une alerte sur l'i-Phone dès que l'on s'en éloigne. Il permet même de le retrouver sur une carte. Au total, cinq badges peuvent être associés au système.

Prix : 49,99 € (19,99 € le badge supplémentaire)

LE CIEL DE MAI

Par Guillaume Cannat

Où sont les planètes ?

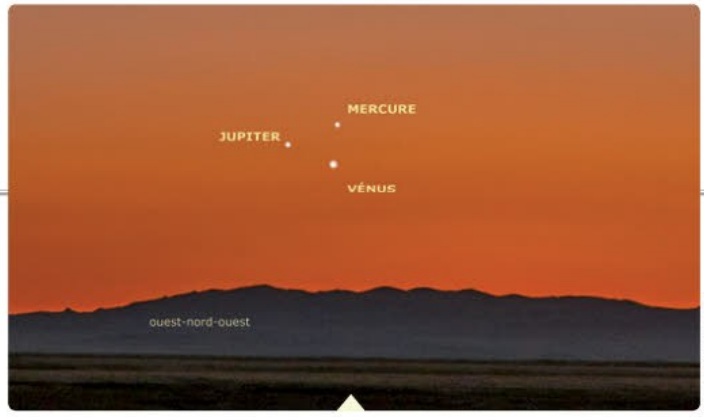
MERCURE se trouve en conjonction supérieure le 11, puis se glisse dans le ciel du soir où sa magnitude négative devrait permettre un repérage assez aisé dans un ciel limpide à partir du 20, une heure après le départ du Soleil, juste au-dessus de l'horizon ouest-nord-ouest.

VÉNUS se couche quarante-cinq minutes après le Soleil le 1er et une heure et demie après le 31. Ce mois marque réellement son retour dans le ciel du soir, car son éclat puissant permet son observation à l'œil nu et aux jumelles, même dans un ciel encore vivement coloré.

MARS ne se lève à l'est-nord-est qu'une demi-heure avant le Soleil le 31 et elle demeure donc inobservable dans le ciel de l'aube.

JUPITER est visible à l'œil nu dans le ciel crépusculaire. Elle chute vers la position apparente du Soleil et l'observation de ses lunes n'est plus possible dans un instrument. Le 1er, elle plonge sous l'horizon ouest-nord-ouest près de trois heures après le Soleil, mais, le 31, elle ne disparaît qu'une heure après lui.

SATURNE est splendide juste après son opposition du 28 avril. Elle apparaît au-dessus de l'horizon sud-est, puis sud-sud-est, durant le crépuscule nautique, moins d'une heure après le coucher du Soleil. Même si son éclat est loin d'être aussi puissant que celui de Vénus ou de Jupiter, elle a l'avantage de briller dans un ciel bien plus sombre. Une petite lunette avec un grossissement d'une trentaine de fois permet déjà d'admirer ses magnifiques anneaux et Titan, la plus grosse de ses 62 lunes.



Trois planètes virevoltent au couchant.

Ballet planétaire en soirée

JEUDI 23 MAI, MERCURE, VÉNUS ET JUPITER SE RÉUNISSENT au-dessus de l'horizon ouest-nord-ouest une petite heure après le coucher du Soleil. Jusqu'à la fin du mois, profitez de la moindre éclaircie pour suivre la superbe chorégraphie improvisée par ces trois planètes qui sont actuellement les plus brillantes de notre ciel. Le spectacle est visible à l'œil nu et aux jumelles, mais il faut choisir un site offrant un horizon lointain et bien dégagé.

POLLUTION DU 29 AVRIL AU 8 MAI, comptez les étoiles visibles à l'œil nu au-dessus de chez vous ou sur votre site d'observation habituel et participez à l'opération Globe at Night en rapportant vos mesures sur www.globeatnight.org pour établir une base mondiale de la pollution lumineuse.

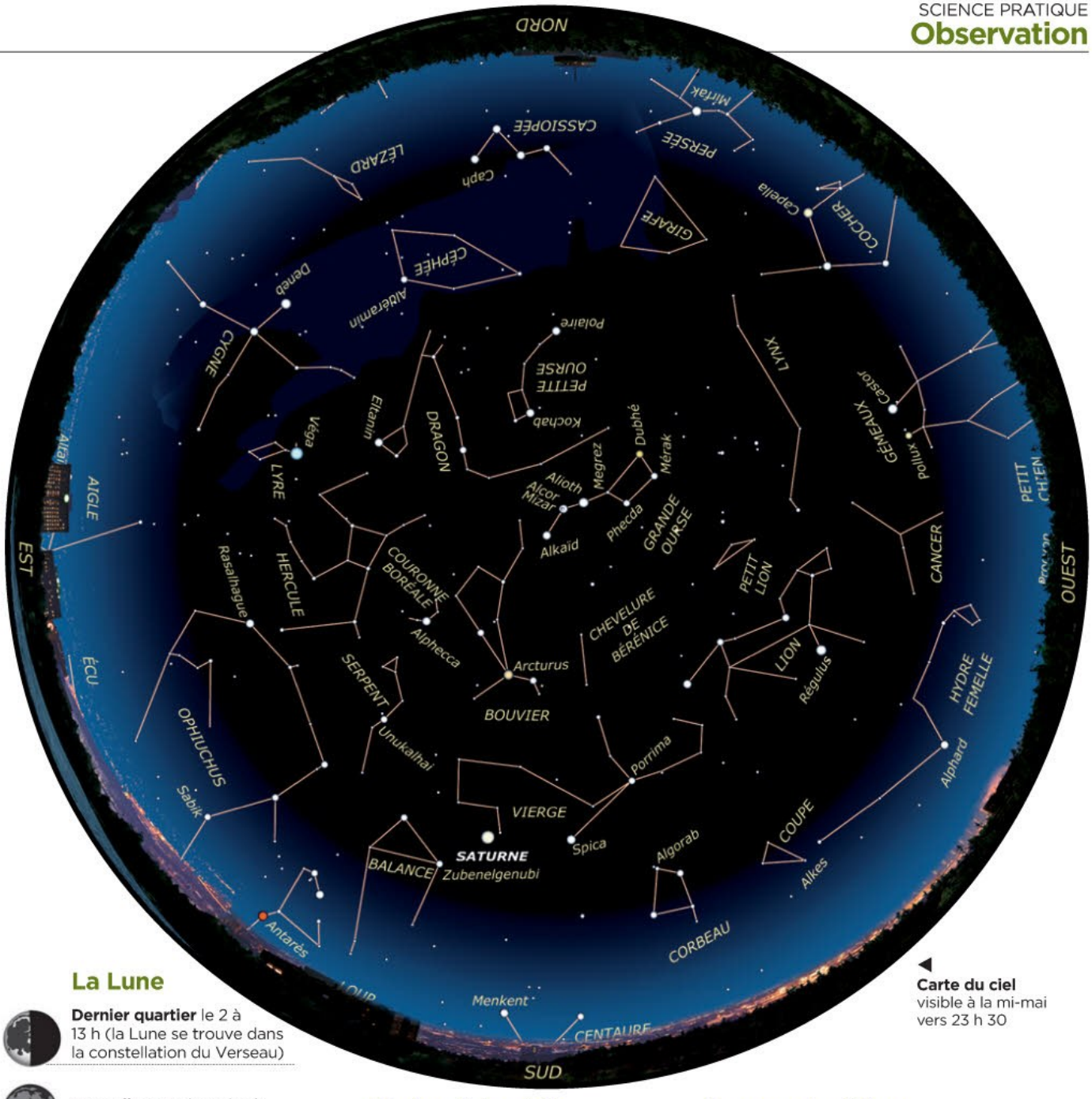
Où se trouve l'ISS ?

LA STATION spatiale internationale est visible à l'œil nu en fin de nuit à partir du 20 mai et vous pouvez suivre jusqu'à trois passages par jour en France métropolitaine. Pour obtenir des horaires de précis pour n'importe quel point d'observation, consultez ce site : www.leguideduciel.net/on2013

LE 11, 45 MINUTES APRÈS LE COUCHER DU SOLEIL Le jeune croissant lunaire a rendez-vous avec Vénus. Choisissez un site d'observation avec un horizon ouest-nord-ouest parfaitement dégagé.

LE 12, UNE HEURE ET DEMIE APRÈS LE COUCHER DU SOLEIL Jupiter et l'arc lunaire sont à plus de 5° au-dessus de l'horizon ouest-nord-ouest. La lumière cendrée fait luire le globe lunaire.

LE 22 ET LE 23, DEUX HEURES APRÈS LE DÉPART DU SOLEIL La Lune gibbeuse croissante rend visite à Saturne et Zubenelgenubi. Ces astres sont à 30° de hauteur au-dessus de l'horizon sud.



Carte du ciel
visible à la mi-mai
vers 23 h 30

La Lune

Dernier quartier le 2 à 13 h (la Lune se trouve dans la constellation du Verseau)

Nouvelle Lune le 10 à 2 h (Bélier)

Premier quartier le 18 à 6 h (Lion)

Pleine Lune le 25 à 6 h (Scorpion)

Dernier quartier le 31 à 21 h (Verseau)

Le Soleil

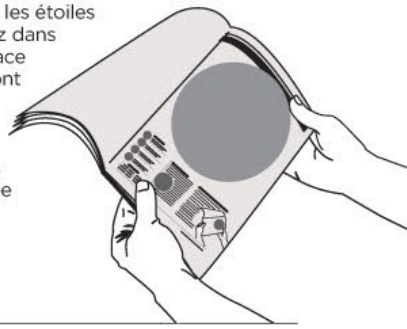
(à Paris)	Lever	Coucher
1er mai	6 h 30	21 h 06
31 mai	5 h 52	21 h 44

D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 45° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 38 à 52° de latitude nord. L'étoile Polaire sera plus haute dans le ciel si vous êtes à plus de 45° nord, et plus basse dans le cas contraire.

Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



Tous les instants de cette rubrique sont exprimés en heure légale d'été (temps universel + 2 h).

EXPOSITIONS

Amiens

À table ! Boire et manger en Gaule du Nord
Les pratiques culinaires gauloises et gallo-romaines révélées par les découvertes archéologiques : cou de girafe, dattes fourrées, anémones, etc.
Musée de Picardie, 48, rue de la République. Du 11 mai au 1er décembre. Rens. : 03.22.97.14.00.

Bourges

Mythique préhistoire : idées fausses et vrais clichés
Nos ancêtres étaient-ils poilus, agressifs, à demi vêtus et armés d'une massue ? La réponse au travers d'une large iconographie et d'objets.
Muséum d'Histoire naturelle, les Rives d'Auron, allée René-Ménard, jusqu'au 30 septembre. Rens : 02.48.65.37.34.

Decazeville (Aveyron)

Gorilles
La nature de ces grands singes autour de cinq thèmes : brutes ou géants pacifiques ? nos cousins ; la forêt tropicale ; la vie sociale ; gorilles en péril.
Musée de géologie Pierre-Vetter, av. Paul-Ramadier, jusqu'au 29 juin. Rens. : 05.65.43.30.08.

Londres (Grande-Bretagne)

Life and death in Pompeii and Herculaneum
Cette exposition consacrée aux villes de Pompéi et de Herculanum, englouties en par les éruptions du Vésuve, rassemble 250 objets.
British Museum, Great Russell Street, jusqu'au 29 septembre. Rens. : +44(0)20.7323.8299.

Nemours (Seine-et-Marne)

Au temps des mammouths
L'exposition du MNHN est complétée par la première présentation au public du moulage d'Helmut, le mammouth découvert en 2012 en Seine-et-Marne.
Musée de Préhistoire d'Ile-de-France, 48, avenue Étienne-Dailly, jusqu'au 11 novembre. Rens. : 01.64.78.54.80.

Thoiry (Yvelines) / Parc animalier

L'arche des petites bêtes

THOIRY

Le dracène de Guyane fait partie de la soixantaine d'espèces présentées dans un nouvel espace.

On connaissait le zoo de Thoiry pour les « grosses bêtes » de sa réserve africaine, le parc mérite d'être redécouvert aujourd'hui pour un nouvel espace dévolu aux « petites bêtes » : insectes, invertébrés et autres bestioles. Dans un bâtiment en forme d'arche, une soixantaine d'étonnantes espèces animales sont présentées dans de très beaux vivariums reproduisant leurs habitats naturels. On découvre avec étonnement l'axolotl, on peine à distinguer une grenouille mousse parfaitement camouflée, on s'approche avec prudence d'une mygale à genoux rouges du Mexique... Et au milieu du parcours, une fenêtre s'ouvre sur la « *nurserie* » où l'on voit de tout jeunes animaux laissés aux bons soins des conservateurs. Original, instructif et amusant, ce lieu est parfaitement accessible aux enfants grâce à des vivariums largement vitrés et posés près du sol. ■ **Mathieu Nowak**

Château de Thoiry, rue du Pavillon-de-Montreuil Rens. : 01.34.87.40.67.

Paris

Dinosaure. La vie en grand
Prolongation pour cette exposition d'origine new-yorkaise présentant un *Mamenchisaurus* de 18 m de long, qui serait l'un des plus grands du monde, avec celui d'Angeac-Charente *(lire* S. et A. *n° 789, décembre 2012)*.
MNHN, Grande Galerie de l'évolution, 36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, jusqu'au 24 juin. Rens. : 01.40.79.54.79.

Les insectes passent à table
On dénombre actuellement 1,1 million d'espèces d'insectes, soit plus de la moitié de toutes les espèces connues. Une exposition pour découvrir quelques spécimens remarquables et les travaux des entomologistes du Muséum autour du thème : manger et être mangé.
Cabinet d'histoire du Jardin des plantes, Hôtel de Magny, 57, rue Cuvier, jusqu'au 1er octobre. Rens. : 01.40.79.56.01.

Rennes

La fabrique à sons
Une exposition à parcourir en famille (à partir de 6 ans) : une quinzaine de machines interactives pour écouter, produire et déformer des sons.
Espace des sciences, les Champs libres, 10, cours des Alliés, jusqu'au 1er septembre. Rens. : 02.23.40.66.00.

Saint-Priest (Rhône)

Laboratoire(s) arts et sciences
Trois jours de rencontres entre scientifiques, artistes et grand public, avec notamment l'« exposcience Rhône » où des jeunes présenteront leurs projets scientifiques, et « L'apéro mathématique », spectacle inspiré de rencontres avec des mathématiciens.
Château de Saint-Priest, 2, rue de l'Égalité, du 14 au 16 mai. Rens. : 04 78 21 25 58

Tongres (Belgique)

Les Étrusques — Una storia particolare
Ce sont aux Etrusques que l'on doit la première grande civilisation d'Italie. Leur histoire est ici racontée au travers de 350 objets dont du mobilier de tombes princières.
Musée gallo-romain, Kielenstraat, jusqu'au 25 août. Rens. : +32(0)12.67.03.30.

CONFÉRENCES

Brest

La vie cachée dans les grains de sable
Par Daniela Zeppilli, post-doctorante à l'Université européenne de Bretagne.
Océanopolis, auditorium Mario-Dufresne, port de plaisance du Moulin-Blanc, le 7 mai à 20 h 30. Rens. : 02.98.34.40.40.

Paris

Utilisation météorologique des signaux satellitaires de navigation
Conférence du Bureau des longitudes par Jean Pailleux, de Météo-France.
ENS, salle Dussane, 45, rue d'Ulm, le 2 mai à 14 h 30. Rens. : 01.43.26.59.02.

Paris

La Cause humaine : changement climatique, limites planétaires
Débat organisé par l'association Rencontres et débats autrement et *Sciences et Avenir*, avec Valérie Masson-Delmotte, climatologue et Patrick Viveret, philosophe.
Mairie du 2e, salle des fêtes, 8, rue de la Banque, le 28 mai à 19 h 15. Rens. : http://rencontres-et-debats-autrement.org

Le sperme en Afrique et en Océanie
Par les anthropologues Françoise Héritier et Pierre Lemonnier.
Musée du Quai-Branly, 37, quai Branly, le 30 mai à 18 h 30. Rens. : 01.56.61.70.00.

Saint-Romain-en-Gal (Rhône)

La figure de l'archéologue au cinéma
Par Cécile Sauvage et Rémi Ancel, du musée de Louvres (Val-d'Oise).
Musée et site archéologique, RD 502, le 2 mai à 20 h. Rens. : 04.74.53.74.01.

ET AUSSI

Fête de la nature
Pour sa 7e édition, ce rendez-vous annuel aura pour thème « Cherchons les petites bêtes ». Défi : réaliser 5000 mini-coins pour accueillir et préserver les plus petits des animaux.
Du 22 au 26 mai. Programme : www.fetedelanature.com

Paris / Exposition jusqu'au 14 juillet

Philippines, Archipel des Échanges

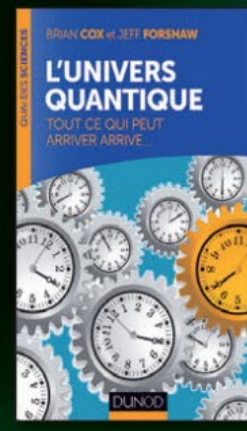
Dédiée à la culture philippine préhispanique, cette exposition présente une multitude d'objets témoignant des nombreuses influences exercées sur les artistes vivant au cœur d'un carrefour commercial fréquenté par des marchands arabes, indiens, indonésiens ou chinois. Les sculptures, bijoux et autres parures superbement présentées n'en reflètent pas moins une identité propre, au travers de formes simples et de motifs très travaillés. **M. N.**

Musée du Quai-Branly, galerie jardin, 37, quai Branly. Rens. : 01.56.61.70.00.

◀ **Boîte** dont le couvercle est surmonté d'un personnage. Elle aurait été sculptée dans le nord-est du pays Ifugao, vers Mayoyao.

MUSÉE DU QUAI BRANLY, PHOTO CLAUDE GERMAIN

LE PLAISIR DES SCIENCES



Plus d'un siècle de découvertes retracé dans ce livre pour démystifier les théories de la physique quantique

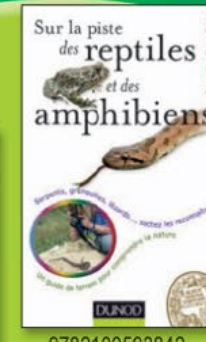
B. COX, J. FORSHAW
9782100589258 • 19,00 €

Partez à la découverte du Boson de Higgs, particule indispensable pour comprendre la matière

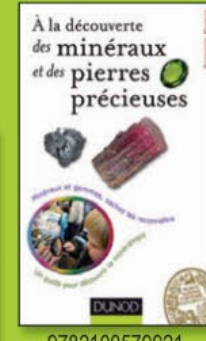
J. BAGGOTT
9782100597178 • 19,00 €

Tous nos ouvrages sont disponibles en librairie

Les guides pour comprendre la nature

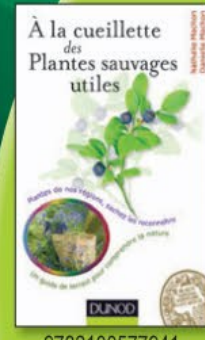


9782100593842



9782100579921

15,90 €



9782100577941

Réalisation : WIP

www.dunod.com

DUNOD
ÉDITEUR DE SAVOIRS

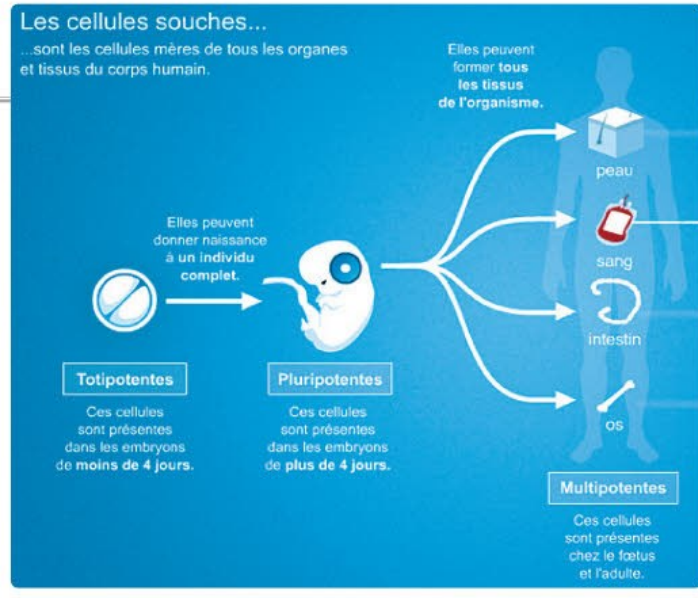
L'INFO SCIENTIFIQUE EN CONTINU
sciencesetavenir.fr
DISPONIBLE SUR IPHONE/ IPAD, ANDROID ET TOUS LES SMARTPHONES

TENDANCE 2.0

Adieu Maigret, *so long* Colombo! Ce mois-ci, le site met l'accent sur l'engouement des séries télé pour la science. Hier, leurs héros donnaient dans la déduction, le flair. Aujourd'hui, les preuves sont au bout du microscope : la science est devenue la vraie star du petit écran. Il y a bien sûr la police scientifique des *Experts*... Où encore Sheldon *(photo)* et ses acolytes de *The Big Bang Theory* — nos préférés ! — qui dissertent théorie

SONJA FLEMMING/KOBAL/THE PICTURE DESK/AFP

des cordes ou monopôle magnétique à longueur d'épisode. Qu'en disent les vrais scientifiques, à l'instar de Philippe Mermod, de l'université de Genève, justement expert du monopôle et à qui nous avons montré l'épisode de *Big Bang* consacré à l'étrange particule? Ses réactions, en vidéo, et notre dossier « Sciences et série TV » vous attendent sur notre site.



DAMIEN HYPOLITE

Qu'est-ce qu'une cellule souche?

INFOGRAPHIE. Elles sont souvent présentées comme le Graal de la médecine du futur, tant les cellules souches promettent des avancées médicales importantes... Mais concrètement, de quoi parle-t-on? D'où viennent les cellules souches? « Totipotentes », « pluripotentes » ou « multipotentes », quelles différences? Et pourquoi parler de problèmes éthiques à leur sujet? L'infographie de *Sciences et Avenir* fait toute la lumière sur ces actrices de la révolution médicale qui vient.

LES ARTICLES LES PLUS LUS

FLORE INTESTINALE ET PERTE DE POIDS
Santé. Une équipe de Harvard a fait perdre du poids à des souris en modifiant leur flore intestinale. Une étude importante pour la lutte contre l'obésité.

ACCÈS À L'EAU, UNE URGENCE MONDIALE
Infographie. 4 milliards d'humains ne bénéficient pas d'un accès à l'eau 24 h/24. Rappel des chiffres clés de l'or bleu, alors que l'Unesco lance l'année internationale de la coopération dans le domaine de l'eau.

AVIONS : GARE AUX SECOUSSES!
Nature. Les turbulences en avion vont être de plus en plus fréquentes : c'est un effet inattendu du réchauffement climatique. Il accroît la violence des jet-streams, ces courants aériens situés entre 6 et 15 km d'altitude.

RETROUVEZ-NOUS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

DR

APPLI CENTRALE NUCLÉAIRE
Tapez le nom de votre lieu de résidence et testez l'appli de *Sciences et Avenir* pour savoir à quelle distance vous vous trouvez de l'un des 19 sites nucléaires français.

OLIVIER LASCAR

DESSIN SUR LE BLOG COUPS DE CRAYON

DAMIEN HYPOLITE

ANIMATION SÉCURITÉ ROUTIÈRE
Les constructeurs intègrent diverses technologies pour diminuer la gravité des accidents lors d'une collision entre un véhicule et un piéton.

ON M'A DIT QUE CE N'ÉTAIT PAS POSSIBLE,
MAIS JE L'AI FAIT !
Jérôme, architecte, Isère
NECOUTEZ PASLES LOBBIES.ORG
Photographie : Emmanuelle Brisson / Graphisme : @udesign

www.volkswagen.fr

Nouvelle Golf.

Avec Dynamic Light Assist[(1)(3)].

Avez-vous remarqué qu'après un éblouissement, notre œil pouvait mettre quelques minutes pour se réhabituer complètement à l'obscurité ? Voilà pourquoi le Dynamic Light Assist[(1)(3)] détecte chaque véhicule que vous croisez et adapte automatiquement les réglages de vos phares pour plus de sécurité et de confort. Avec une visibilité optimale garantie, chacun verra la différence. Et grâce aux nombreuses autres technologies comme le freinage anticollisions multiples, le détecteur de fatigue ou encore le Dynamic Lane Assist[(2)(3)], vous pourrez profiter pleinement de vos longues virées en toute sécurité.

Nous avons pensé à vous pour concevoir la Golf, Das Auto.

Das Auto.

Volkswagen recommande **Castrol EDGE Professional**

Volkswagen Group France s.a. - R.C.S. Soissons B 602 025 538

Etude menée par Franz Grehn (2008) : *Augenheilkunde* (NDLR : *Ophtalmologie*), 30. Editions Heidelberg, page 43 et suivantes.

(1) Faisceau lumineux actif. (2) Correcteur actif de la trajectoire. (3) En option selon modèle et finition. **Modèle présenté :** Golf Carat TDI 105 5p avec options peinture métallisée, pack 'Drive Assist II', jantes 17" Madrid et projecteurs bi-xénon directionnels avec feux de jour à LED. **Car of the year : Voiture européenne de l'année. Das Auto. : La Voiture.**

Cycle mixte (l/100 km) : 3,8. Rejets de CO_2 (g/km) : 99.